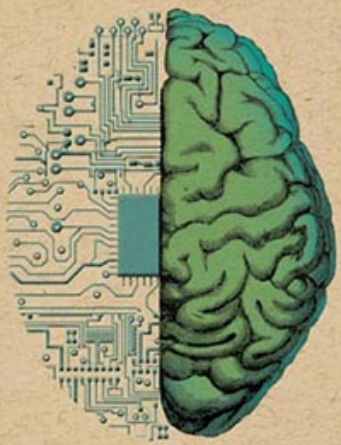
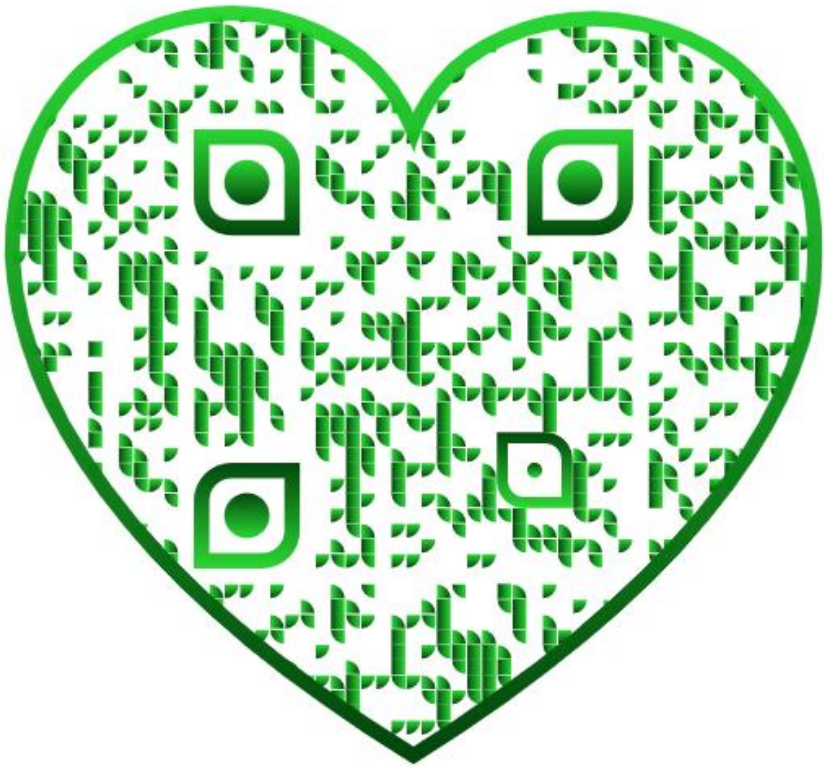
Le Cerveau en 30 secondes

Les 50 plus grandes théories en neurosciences, expliquées en moins d'une minute



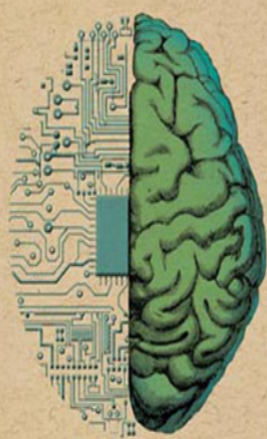
Anil Seth

Hurtubise



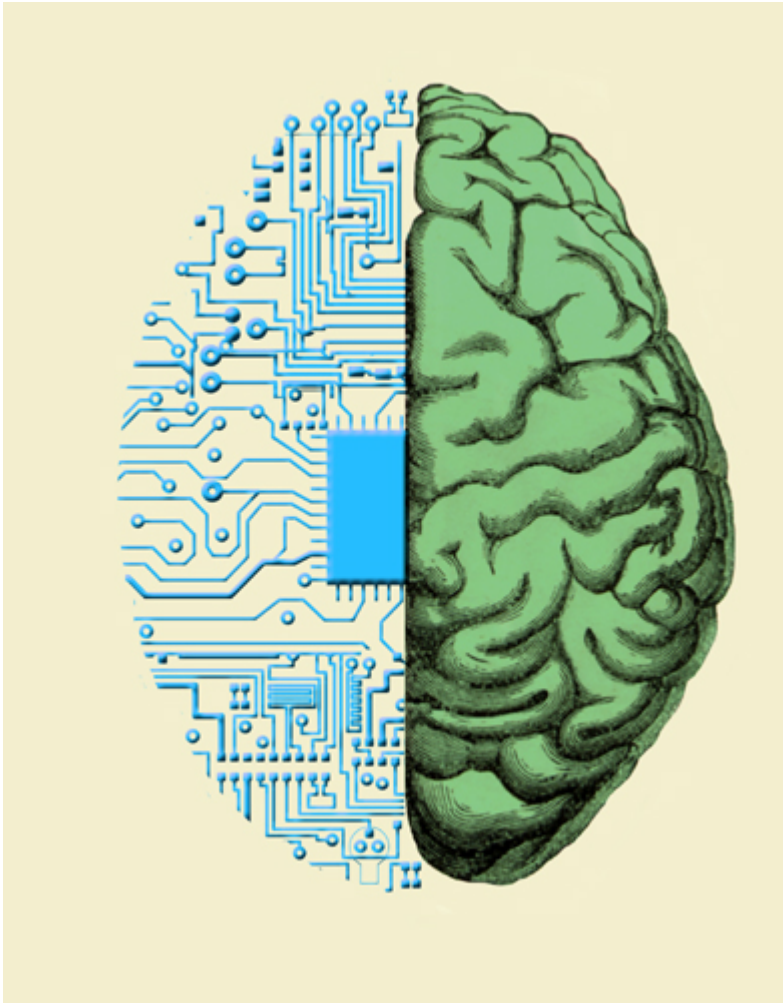
Le Cerveau en 30 secondes

Les 50 plus grandes théories en neurosciences, expliquées en moins d'une minute



Anil Seth

Hurtubise



Le Cerveau en 30 secondes

Les 50 plus grandes théories en neurosciences, expliquées en moins d'une minute

Anil Seth

Collaborateurs
Tristan Bekinschtein
Daniel Bor
Christian Jarrett
Ryota Kanai
Michael O'Shea
Jamie Ward

Hurtubise

Préface

par Chris Frith

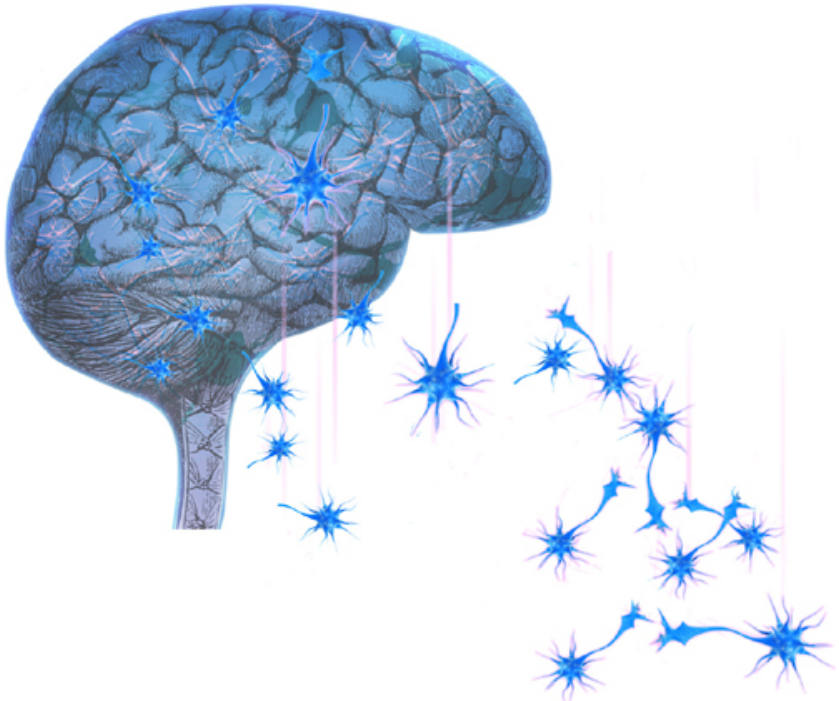
Le cerveau humain est l'entité la plus complexe que nous connaissons. Il renferme au moins 90 milliards de neurones (cellules nerveuses). Chaque neurone est un mécanisme complexe de traitement de l'information et interagit avec quelque 1 000 de ses congénères. Comprendre ce degré de complexité est une tâche intimidante.

Notre compréhension du cerveau humain en est encore à ses balbutiements. Le neurone, la composante basique du cerveau, n'a été identifié qu'il y a une centaine d'années. Au début, les avancées se sont faites à partir de l'étude des cerveaux endommagés. C'est seulement au cours de ces vingt-cinq dernières années qu'il est devenu possible de voir la structure et le fonctionnement du cerveau chez des volontaires en bonne santé. Les images extrêmement détaillées montrées par les scanners cérébraux, leurs taches brillamment colorées, ont eu un impact extraordinaire. Le cerveau humain est devenu l'image de choix des médias, accolé à des articles traitant de «Ce que notre cerveau peut nous enseigner» ou «Le profil du mental».

Les recherches sur le cerveau drainent beaucoup d'argent. Le projet «Brain Activity Map» doit recevoir 3 milliards de dollars du gouvernement américain au fil des dix prochaines années. On espère qu'en étudiant le cerveau humain dans les moindres détails, on arrivera à un résultat final similaire à celui du projet du génome humain, faisant progresser la compréhension des troubles mentaux tels que l'autisme et la schizophrénie.

L'une des caractéristiques les plus passionnantes de la recherche se penchant sur le cerveau humain est qu'elle aborde des questions philosophiques profondes. Le mental dépend du cerveau. Sans cerveau, nous ne pouvons penser, ressentir, imaginer. Mais cette identité nous met toujours mal à l'aise. Suis-je simplement le produit de l'activité électrique de mon cerveau? Comment l'expérience subjective émerge-t-elle de l'activité cérébrale?

Nos théories sur le fonctionnement du cerveau restent très rudimentaires. Pour certains, une énigme insoluble apparaît parce que le cerveau humain tente de se comprendre lui-même. Assurément, quelque chose de complexe ne peut être compris que par quelque chose d'encore plus complexe. Selon moi, ce problème est plus imaginaire que réel. L'une des merveilles du cerveau humain est qu'il nous permet de partager nos pensées. Notre compréhension est bâtie sur la réflexion de nos prédécesseurs, ainsi que sur celle de nos contemporains, et transcende de loin les capacités d'un seul cerveau. Nous ne prêtons pas assez attention à ces effets de la culture et de la collaboration.



Réseau sophistiqué

Le cerveau est activé par un réseau de 90 milliards de neurones. Les neuroscientifiques commencent seulement à découvrir comment leur activité se rapporte à ce qui se passe dans le mental.

Considérons un autre animal très social, l'abeille. Le cerveau d'une abeille pèse 1 milligramme et comporte à peine 1 million de neurones. Pourtant, ce minuscule cerveau permet aux abeilles d'apprendre ce qu'est le monde et de communiquer grâce à leur «danse». Les résultats obtenus par les abeilles grâce à leur collaboration sont encore plus impressionnants. À partir des rapports des éclaireuses, un essaim d'abeilles peut prendre des décisions de groupe quant au meilleur site pour installer une nouvelle ruche.

Des études récentes suggèrent que la manière dont les abeilles collaborent pour prendre des décisions est très similaire à l'interaction des neurones humains lors de la prise de décisions. Cela donne une idée des capacités extraordinaires du cerveau humain comparé à celui d'une abeille, tout en instillant un sentiment d'émerveillement à propos de ce que les hommes peuvent accomplir en tant que groupe.

Un groupe d'abeilles travaillant ensemble atteint des capacités pareilles à celles d'un cerveau humain. Imaginez une entité disposant du pouvoir de multiples cerveaux humains agissant de concert. Chacune de nos interactions crée un tel système. Le meilleur exemple de son pouvoir est la pratique de la science, grâce à laquelle nous arriverons à démêler les mystères du cerveau.

Ce livre montre à quel point ce voyage sera passionnant.

INTRODUCTION

Anil Seth

La compréhension du fonctionnement du cerveau constitue l'une des plus grandes quêtes scientifiques. Faire reculer les frontières de cet univers à part entière se distingue de ce qu'on peut faire quant à d'autres domaines de la science. À la différence du monde bizarre de l'infinitésimal – où les particules quantiques peuvent exister et ne pas exister en même temps –, ou des étendues inimaginables évoquées par l'astronomie, le cerveau humain est, dans un certain sens, un objet ordinaire; d'une taille et d'une forme rappelant un chou-fleur, il pèse environ 1,36 kg et a une texture pareille au tofu. C'est sa complexité qui le rend si remarquable et si difficile à comprendre. Le cerveau d'un adulte moyen renferme tellement de connexions que si vous en comptiez une par seconde, il vous faudrait plus de trois millions d'années pour en arriver au bout.

Confronté à une perspective si décourageante, vous pourriez aussi bien abandonner et vous consacrer au jardinage. Mais le cerveau ne peut pas être ignoré. Comme nous vivons plus longtemps, de plus en plus de personnes souffrent – ou souffriront – d'affections neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer; les maladies psychiatriques comme la dépression et la schizophrénie sont également en train d'affecter un nombre accru de gens. Les traitements de ces troubles dépendent d'une meilleure compréhension des réseaux cérébraux impliqués.

De manière fondamentale, le cerveau nous attire parce qu'il définit qui nous sommes. Il est bien plus qu'une simple machine servant à penser. Hippocrate, le père de la médecine occidentale, l'admettait déjà il y a longtemps: «Les hommes doivent savoir que c'est seulement du cerveau que viennent les joies, les délices, le rire, les plaisanteries, ainsi que les chagrins, les peines, le découragement et les lamentations.» Plus récemment, Francis Crick – l'un des grands biologistes de notre époque (voir sa biographie) – exprimait la même idée: «Vous, vos joies et vos chagrins, vos souvenirs et vos ambitions, votre sentiment d'identité personnelle et votre libre arbitre, n'êtes en fait que le comportement d'une vaste assemblée de cellules nerveuses et de leurs molécules associées.» Et, peut-être de façon moins controversée mais tout aussi importante, le cerveau est également responsable de la façon dont nous percevons le monde et nous y comportons. Comprendre le cerveau, c'est donc nous comprendre nous-mêmes, ainsi que notre place dans la société et dans la nature.

Plus qu'une machine

Le cerveau est un mécanisme complexe de traitement de l'information – pas juste les faits, mais aussi la manière dont nous bougeons, ressentons, rions, pleurons. Les neuroscientifiques découvrent constamment de nouveaux aspects des rouages du cerveau.

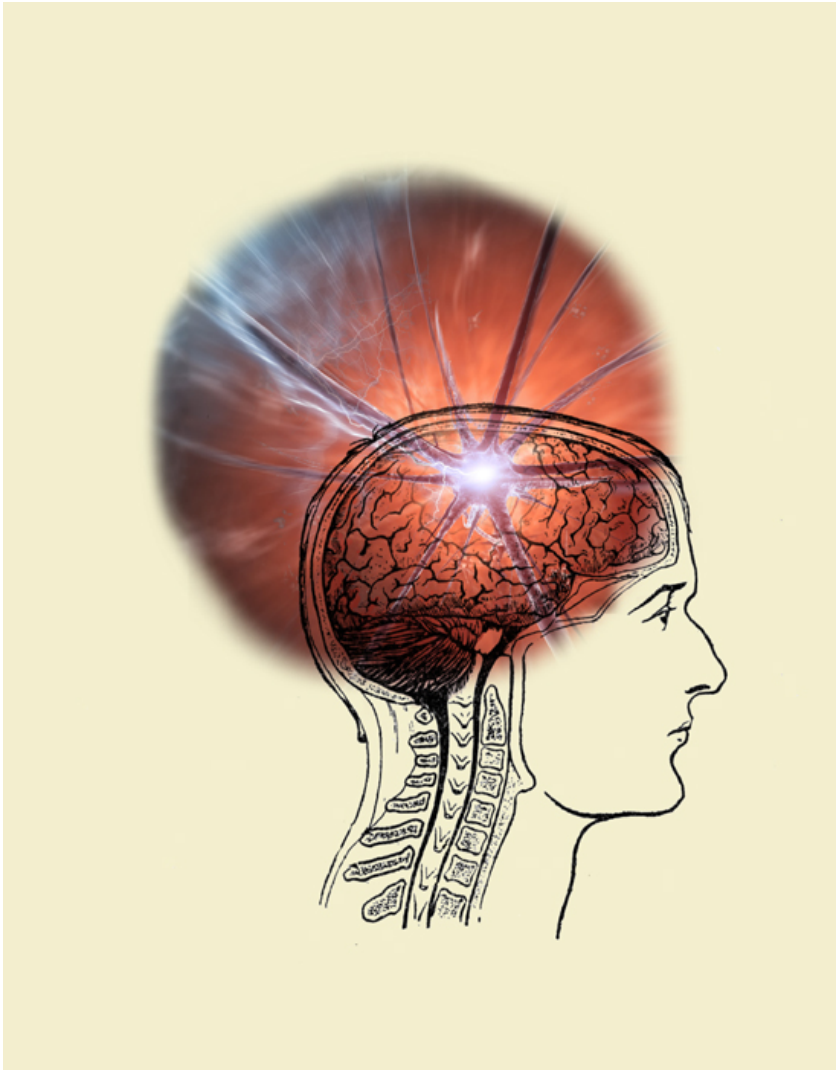
Par où commencer? Depuis ses humbles débuts, la neuroscience est devenue une vaste entreprise impliquant des hommes de science de bien des disciplines différentes et de pratiquement tous les pays du monde. La réunion annuelle de la Société pour la neuroscience attire plus de 20 000 (et parfois plus de 30 000) spécialistes du cerveau. Aucune personne – si gros que soit son

cerveau – ne peut se tenir parfaitement au courant de cet immense domaine en constante mutation. Heureusement, comme pour tout domaine de la science, quelques idées de base sous-tendent cette complexité. C'est là que ce livre s'avérera utile.

Comment utiliser ce livre

Au fil des pages suivantes, des neuroscientifiques faisant autorité présentent 50 des idées les plus passionnantes de la recherche moderne concernant le cerveau, dans un langage simple et clair. Pour commencer, **Bâtir le cerveau** décrit les composantes de base et l'architecture du cerveau, retraçant son histoire depuis la naissance (et avant) à travers l'évolution. Les **Théories sur le cerveau** présentent certaines des idées les plus prometteuses sur la manière dont les milliards de neurones travaillent de concert. **Dresser la carte du cerveau** montre comment les nouvelles technologies dévoilent la structure complexe et les modèles d'activité du cerveau. La **Conscience** aborde la relation encore mystérieuse entre le cerveau et l'expérience consciente – comment le bourdonnement des neurones se transforme-t-il en l'expérience subjective d'être vous, ici, maintenant, lisant ces mots? Les chapitres **Perception & action** et **Cognition & émotion** explorent la manière dont le cerveau autorise ces fonctions importantes, avec et sans conscience. Pour finir, **Le cerveau qui change** se penche sur quelques idées récentes quant à la façon dont le cerveau modifie sa structure et son fonctionnement tout au long de la vie, qu'il soit en bonne santé ou malade.

Approchez ce livre à votre guise. Lisez-le dans l'ordre ou plongez-vous dans un sujet au hasard. Une «Neuroscience en 30 secondes», concise, accessible et passionnante, résume chacune des 50 idées. Pour que le message passe, une «onde cérébrale en 3 secondes» et un «brainstorming en 3 minutes» offrent quelques réflexions sur le sujet. Des glossaires expliquent les termes les plus importants, accompagnés de la biographie des scientifiques qui ont aidé à faire de la neuroscience ce qu'elle est aujourd'hui. Plus que tout, j'espère avoir réussi à montrer que la neuroscience a trouvé son rythme de croisière et que cette bonne vieille matière grise doit s'y adapter.



Hallucinant

Que se passe-t-il dans votre tête? L'imagerie médicale, la génétique, la chimie et l'informatique révèlent en technicolor les détails de plus en plus infimes de notre cerveau.

BÂTIR LE CERVEAU

BÂTIR LE CERVEAU

GLOSSAIRE

Axone Longue fibre nerveuse s'étendant depuis le corps cellulaire (soma) d'un neurone et véhiculant son signal électrique vers les zones synaptiques. Ce signal est constitué de potentiels d'action. Chaque neurone possède le plus souvent un seul axone à la terminaison très ramifiée, ce qui lui permet de communiquer avec plusieurs autres neurones disposant de la même information.

Cellules de Purkinje Présents exclusivement dans le cortex cérébelleux, ces neurones sont parmi les plus grands du cerveau et ont une structure arborescente très complexe. Les cellules de Purkinje permettent la coordination motrice fine et la correction des erreurs.

Cortex cérébral Terme désignant la matière grise périphérique (appelée ainsi en raison de l'absence de myélinisation qui fait paraître blanches les autres parties du cerveau) des hémisphères cérébraux, plissée par des sillons de profondeurs variables et représentant environ deux tiers du volume global du cerveau. Le cortex cérébral est divisé en lobes (frontal, pariétal, temporal et occipital), chacun ayant des fonctions différentes, dont la perception, la réflexion, le langage, l'action et autres processus cognitifs «supérieurs» tels que la prise de décisions. Ses zones fonctionnelles sont appelées «aires».

Dendrites Courtes fibres nerveuses conduisant l'influx nerveux d'un neurone, organisées dans des motifs arborescents complexes. Chaque neurone a de nombreuses dendrites qui sont en contact avec les axones des autres neurones *via* des synapses. Les dendrites véhiculent les signaux venant des synapses au corps cellulaire (soma) d'un neurone.

Hippocampe Zone dont la forme suggère celle de l'animal homonyme, située au tréfonds du lobe temporal. L'hippocampe est associé à la formation et la consolidation des souvenirs; il soutient aussi la navigation spatiale. Les dommages dans cette zone peuvent déboucher sur une amnésie profonde, spécialement quant aux souvenirs épisodiques (autobiographiques).

Lobe frontal Une des quatre divisions principales du cortex cérébral, la plus développée chez l'homme en comparaison d'autres animaux. Le lobe frontal (un pour chaque hémisphère) abrite des zones associées à la prise de décisions, à la planification, à la mémoire, à l'action volontaire et à la personnalité.

Lobe occipital Une autre des quatre divisions principales du cortex cérébral, le lobe occipital est situé à l'arrière du cerveau et abrite des régions impliquées surtout dans la vision. Son endommagement peut aboutir à la cécité ou à des

déficiences plus spécifiques.

Lobe pariétal Troisième grande division du cortex cérébral. Le lobe pariétal, situé au-dessus du lobe occipital et derrière le lobe frontal, est très impliqué dans l'intégration de l'information provenant des divers sens. Le cortex pariétal est essentiel pour l'organisation de l'expérience d'espace et de position et il participe aux processus de l'attention.

Lobe temporal Dernière des quatre divisions principales du cortex cérébral. Situé dans la partie latérale et inférieure du cerveau, ce lobe est très impliqué dans la reconnaissance des objets, la formation des souvenirs et leur stockage, le langage. L'hippocampe se trouve dans sa partie médiane (le lobe temporal médian).

Myélinisation Processus par lequel les axones d'un neurone sont gainés de myéline, qui les isole des axones voisins et accroît grandement la vitesse des influx nerveux le parcourant. La myélinisation, qui repose sur les cellules gliales, est essentielle pour la transmission efficace de l'information dans le cerveau.

Synapses Jonctions entre neurones, liant l'axone de l'un à la dendrite d'un autre. Les synapses assurent la séparation physique des neurones. La communication à travers les synapses se produit soit chimiquement, *via* les neurotransmetteurs, soit électriquement.

Système olfactif Partie du cerveau parmi les plus anciennes du point de vue de l'évolution. Le système olfactif sous-tend le sens de l'odorat; il est moins bien développé chez l'homme que chez d'autres animaux. Les signaux des cellules sensorielles olfactives nasales sont transportés vers le bulbe olfactif situé au tréfonds du cerveau. L'olfaction et le goût sont distincts des autres sens, car ils réagissent à la stimulation chimique.

Thalamus Faisceaux (noyaux) de neurones situés au sommet du tronc cérébral, de la taille et de la forme d'une amande. Les noyaux thalamiques sont fortement interconnectés à des zones spécifiques du cortex cérébral. On pense qu'ils agissent comme des aires sensorielles relais, connectant les récepteurs sensoriels (sauf l'olfaction) au cortex.

Tronc cérébral Petite zone pareille à une tige à la base du cerveau, située entre la moelle épinière et le reste du cerveau. Le tronc cérébral contrôle nombre de fonctions corporelles vitales, dont la respiration, la déglutition et la régulation de la tension artérielle. Comme de nombreuses voies neuronales traversent le tronc cérébral, les dommages de cette zone ont des effets considérables.

NEURONES & CELLULES GLIALES

Le Cerveau en 30 secondes

Vos neurones sont les cellules de votre cerveau traitant l'information. Vous en avez entre 90 et 100 milliards, pourtant aucun n'a la moindre idée de qui vous êtes. Cependant, d'une manière ou d'une autre, en communiquant grâce aux réseaux de milliards d'interconnexions, les neurones induisent la conscience de vous-même. À travers leur corps cellulaire et ses courtes extensions – les dendrites –, les neurones reçoivent des messages des autres neurones en passant par des structures spécialisées, les synapses. Des messages sont envoyés à d'autres neurones *via* de longues fibres minces – les axones – selon des motifs codés de signaux électriques (influx nerveux). Chaque influx, d'environ 0,1 volt, dure un à deux millièmes de seconde et se précipite le long des axones à 480 km/h. En arrivant à une synapse, les influx induisent la libération de neurotransmetteurs (substances chimiques assurant la transmission du signal). Ceux-ci modifient le motif des influx générés par le neurone receveur. Voilà en essence le fonctionnement du cerveau. Bon, pas tout à fait. Les neurones ne travaillent correctement que s'ils baignent dans le bon mélange de substances chimiques. Les cellules gliales, dont le nombre dépasse celui des neurones dans un rapport de 50:1, s'en chargent. Elles aident les neurones à se connecter pour développer le cerveau, les nourrissent à l'âge adulte, isolent les axones, éliminent les cellules mortes, recyclent les neurotransmetteurs et protègent le cerveau des infections. Ce sont les héros méconnus de l'histoire du cerveau.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Dans chaque millimètre cube de matière grise, il y a 4 km d'interconnexions du réseau neuronal.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Pouvez-vous devenir mince par la pensée? Le cerveau ne représente que 2 % du poids corporel, mais 20 % des besoins énergétiques quotidiens lui sont consacrés. En termes d'énergie, exercer le cerveau est onéreux. Malgré cela, à partir d'il y a quelque 2 millions d'années, la partie logique du cortex cérébral a rapidement triplé de taille au fil de l'évolution humaine. La plupart des coûts supplémentaires de l'évolution de nos capacités cognitives uniques sont dus à un seul enzyme qui recharge les batteries faisant fonctionner les signaux électriques cérébraux.

INTELLIGENCE LIÉE

NEUROTRANSMETTEURS & RÉCEPTEURS

RÉSEAUX NEURONAUX

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

1852–1934

Anatomiste, a décrit les composantes cellulaires de l'activité mentale

WALTHER NERNST

1864–1941

Auteur de la théorie expliquant la génération d'électricité par les cellules

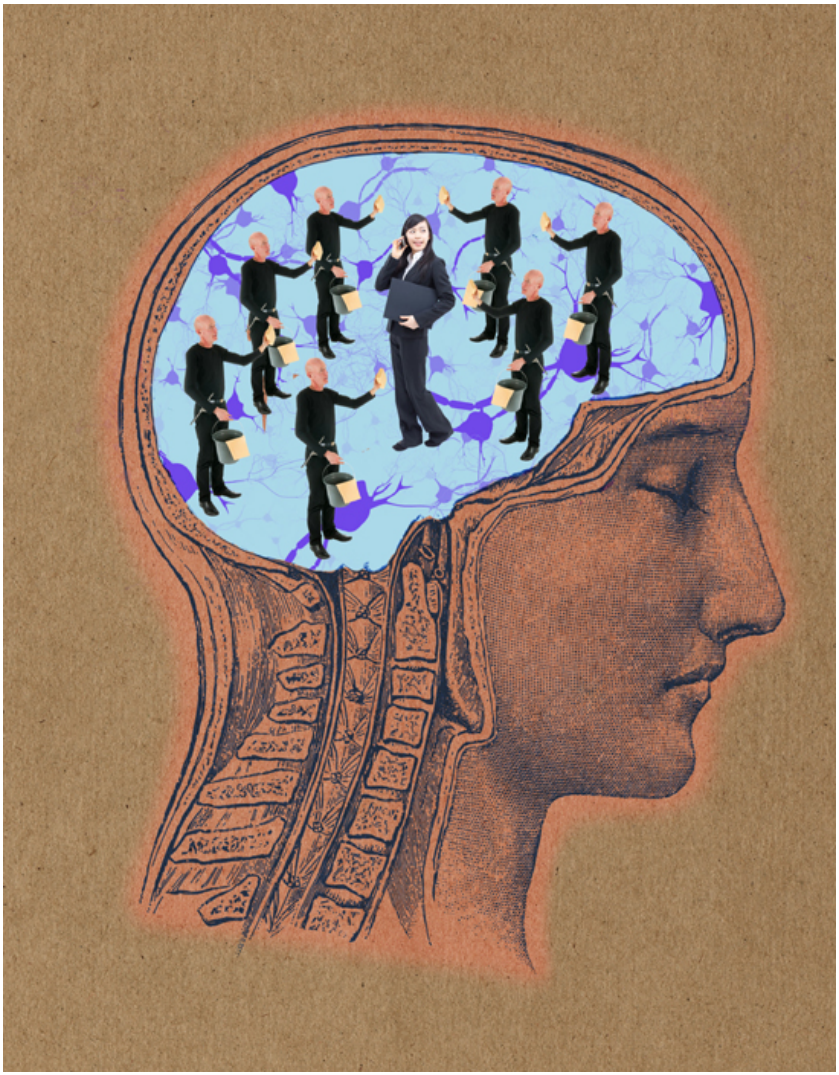
BERNARD KATZ

1911–2003

Auteur de l'hypothèse quantique/vésiculaire de la libération des neurotransmetteurs

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea



Pour chaque neurone dirigeant, il y a 50 cellules gliales de statut inférieur, essentielles pour entretenir le milieu neuronal.

NEUROTRANSMETTEURS & RÉCEPTEURS

Le Cerveau en 30 secondes

Les neurotransmetteurs véhiculent les signaux entre neurones, excitant ou inhibant brièvement leur activité électrique. Libérés quand l'influx nerveux arrive aux synapses, ce sont des molécules très petites à géantes (comme les peptides), en passant par des composés moyens. Ils sont emmagasinés dans de minuscules sphères, les vésicules synaptiques. Les influx poussent les vésicules à libérer leur contenu dans l'espace synaptique entre neurones transmetteurs et receveurs. Les neurotransmetteurs libérés se lient aux protéines des récepteurs, chacune spécifique à un type de neurotransmetteur. Il y a quantité de neurotransmetteurs et encore plus de récepteurs. Pourquoi? Somme toute, si les neurotransmetteurs servent d'intermédiaires entre seulement deux fonctions simples – excitation et inhibition –, assurément deux transmetteurs et leurs récepteurs suffisent? Les choses ne sont pas aussi simples. Nombre de neurotransmetteurs ne déclenchent ni excitation ni inhibition rapide dans les neurones, mais seulement des processus métaboliques lents, modifiant durablement la force des connexions synaptiques. Les neurotransmetteurs peuvent aussi initier l'activation et la désactivation de gènes importants, susceptibles de causer une modification à long terme des propriétés neuronales et synaptiques. S'agit-il des modifications cérébrales dont dépendent les souvenirs? Probablement, mais nous sommes loin d'une compréhension parfaite du langage chimique complexe du cerveau.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les neurones actifs libèrent des neurotransmetteurs qui activent les récepteurs d'autres neurones afin de changer la circulation de l'information dans le cerveau à court, moyen et long terme.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'oxyde nitrique (NO), gaz toxique, est un neurotransmetteur des plus inhabituels. Ne pouvant pas être emmagasiné dans les vésicules synaptiques, il est libéré à mesure de sa production dans les neurones actifs spécialisés. Le NO se répand ensuite dans le cerveau, où il affecte de nombreux neurones récepteurs sans que le neurone transmetteur soit directement connecté à eux. Cette signalisation «non synaptique» est importante pour la formation de la mémoire permanente.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

OTTO LOEWI

1873–1961

A montré en premier qu'un nerf stimulé libère une substance à effet physiologique

HENRY DALE

1875–1968

Auteur du principe portant son nom, qui dit que toutes les synapses d'un neurone libèrent le(s) même(s) neurotransmetteur(s)

BERNARD KATZ

1911–2003

Auteur de l'hypothèse quantique/vésiculaire de la libération des neurotransmetteurs

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea

Lorsque vous réfléchissez pour commander une pizza ou des tacos, un spectacle sophistiqué de signaux chimiques vient simplement de prendre place dans votre cerveau.

NEUROGÉNÉTIQUE

Le Cerveau en 30 secondes

Un gène est une unité définie localisée sur un chromosome, renfermant une série d'instructions pour la fabrication d'une protéine. Le génome humain comporte environ 22 000 gènes. Bien que les protéines soient les rouages essentiels du fonctionnement des neurones, aucune cellule n'a besoin de l'ensemble des 22 000 gènes. Les neurones, de concert avec les autres cellules, activent seulement les gènes requis pour leurs propres besoins. À mesure que les besoins changent, des gènes différents sont activés ou désactivés. Ce modèle variable de gènes actifs est très important quant au fonctionnement des synapses, car la modification des connexions neuronales permet d'apprendre à partir de l'expérience. Considérons un circuit neuronal qui détecte un stimulus sensoriel potentiellement menaçant. Si la menace persiste, des connexions plus fortes sont nécessaires pour entretenir et accroître la vigilance. Pour ce faire, les signaux sont envoyés depuis les synapses au noyau central des neurones, où l'ADN reçoit l'ordre d'activer les gènes requis; les nouvelles protéines sont renvoyées aux synapses qui les ont commandées, les fortifiant. Alors que les gènes affectent le fonctionnement cérébral, le fait qu'ils peuvent être influencés par l'environnement affranchit le comportement d'un déterminisme génétique rigide lorsque le mécanisme génétique du cerveau s'adapte aux circonstances variables.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le cerveau utilise 70 % de nos 22 000 gènes. Ceux affectant la fonction synaptique sont surtout importants, car leur activité est régulée par l'expérience.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les gènes jouent un rôle important dans les troubles du mental et du comportement, tels qu'autisme, dépression, trouble bipolaire, schizophrénie. En fait, alors que ceux-ci sont considérés comme cliniquement différents, des études récentes suggèrent qu'ils partagent des facteurs de risque génétique. L'identification des causes génétiques communes d'une gamme de troubles psychiatriques peut conduire à la découverte de leur mécanisme moléculaire sous-jacent, avancée majeure quant au développement de traitements préventifs.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

L'ÉVOLUTION DU CERVEAU

LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

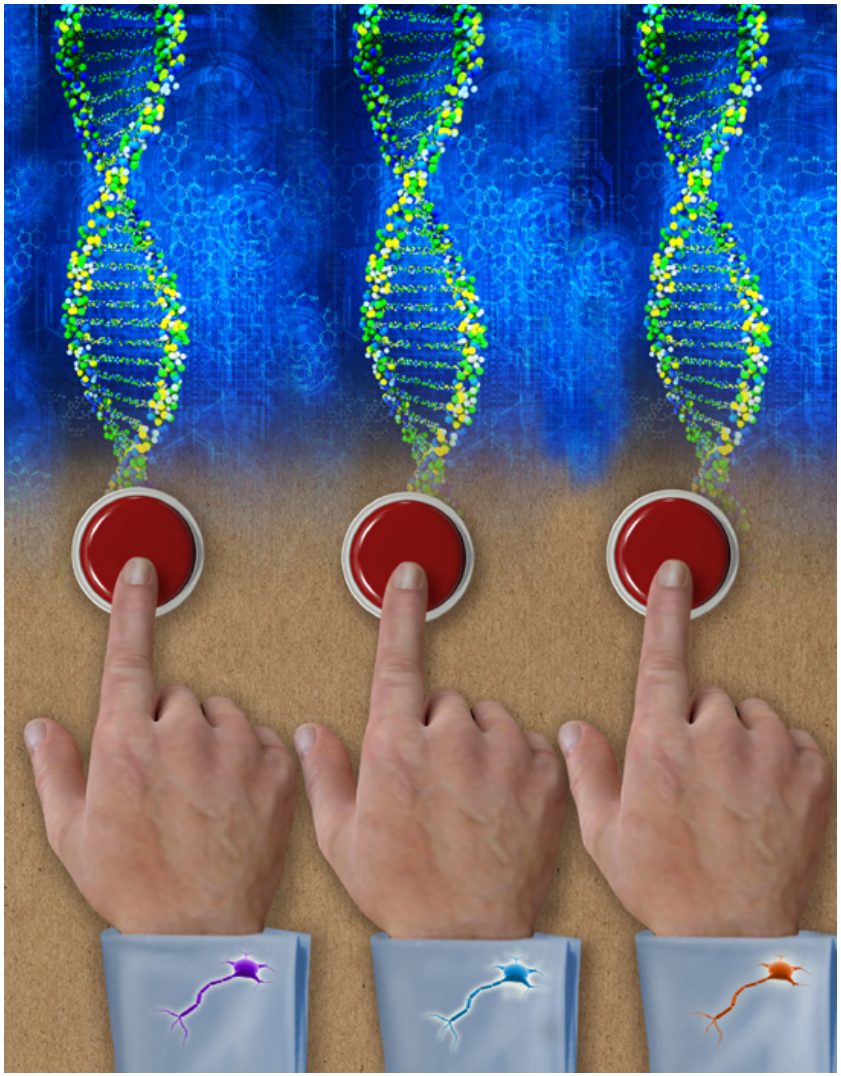
FRANCIS CRICK & JAMES WATSON

1916–2004 & 1928–

Prix Nobel de physiologie ou médecine en 1962 pour avoir déterminé la structure de l'ADN et suggéré la façon dont il code et réplique l'information génétique

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea



Les neurones activent et désactivent les gènes pour commander la fabrication des protéines nécessaires; c'est un peu comme un système de livraison en flux tendu, mais il fonctionne.

SANTIAGO RAM"N Y CAJAL

Tenu par beaucoup pour l'architecte de la neurobiologie moderne, le jeune Cajal a d'abord tenté de se tenir loin de la médecine. Il voulait être artiste, mais son père (professeur d'anatomie appliquée) était tout aussi déterminé à ce qu'il devienne médecin. Après un apprentissage difficile mais instructif auprès d'un cordonnier et d'un coiffeur, Cajal a obtenu son diplôme et commencé à pratiquer la médecine, finissant par être nommé professeur d'anatomie à l'université de Valence.

Continuant à dessiner, il a réalisé de nombreuses études anatomiques. Sa vision artistique l'a probablement conduit à sa plus grande découverte. En 1887, alors qu'il enseignait à l'université de Barcelone, il a étudié les lames impeccablement colorées de cellules cérébrales du médecin italien Camillo Golgi et vu ce qui avait échappé à d'autres. Jusqu'à ce moment-là, l'orthodoxie prévalente prônait que le système nerveux était une structure réticulée uniforme. Cajal a cependant compris que les lames de Golgi montraient clairement que le système nerveux était un réseau de composantes cellulaires distinctes. Cette interprétation correcte a permis de voir les neurones comme les unités fonctionnelles du cerveau – entités capables de former de nombreuses connexions synaptiques, chacune étant susceptible d'être modifiée pour permettre la croissance et l'adaptation. Cajal a étudié ce phénomène pendant quatre ans, identifiant également les «épines dendritiques» – petites excroissances de la membrane des dendrites d'un neurone recevant les contacts synaptiques des axones d'autres neurones. Son talent de dessinateur lui a permis d'exécuter des dessins détaillés. Il a publié ses découvertes dans la *Revista Trimestral de Histología Normal y Patológica*. L'impact sur la communauté scientifique a été similaire à celui de *De l'origine des espèces* de Darwin.

En décrivant correctement la fonction et le mécanisme du neurone, il a changé la manière dont travaillait la neuroscience et a ouvert la voie à la formulation de la théorie du neurone proposée par l'anatomiste allemand Heinrich von Waldeyer-Hartz. Cajal a beaucoup contribué aux journaux médicaux. Il a reçu de nombreuses récompenses, dont le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1906, qu'il a partagé avec Golgi. Cajal a trouvé aussi le temps de faire des recherches dans d'autres domaines de la médecine, notamment le cancer, et de fonder son propre institut de recherches à Madrid. Malgré l'ampleur de ses réalisations, il a surtout laissé son nom dans l'histoire pour avoir détaché le neurone du réseau qu'on imaginait.

1er mai 1852
Naît à Petilla de Aragón, Espagne

1873
Diplômé de l'École de médecine de l'université de Saragosse

1874-1875
Accompagne une expédition à Cuba en tant que médecin militaire

1883
Nommé professeur d'anatomie à l'université de Valence

1888–1894
Publie dans la *Revista Trimestral de Histología Normal y Patológica* les résultats de son étude histologique systématique du système nerveux

1888
Découvre l'extrémité libre des axones et l'existence des épines dendritiques neuronales

1891
Énonce sa théorie de l'individualité de la cellule nerveuse

1892
Publie son livre *Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés*

1901
Nommé directeur des *Investigaciones Biologicas* (Laboratoires de recherche biologique), qui allait devenir l'Institut Cajal en 1922

1906
Colauréat du prix Nobel de physiologie ou médecine avec Camillo Golgi pour leur travail sur la structure du système nerveux

17 octobre 1934
Décède à Madrid

L'ARCHITECTURE BASIQUE DU CERVEAU

Le Cerveau en 30 secondes

Imaginez que vous venez de saisir un cerveau humain adulte typique, pesant 1,36 kg. Son tissu spongieux externe, en contact avec vos mains, est le cortex. Regardez le motif apparemment aléatoire de sillons à sa surface et vous en verrez quelques-uns plus profonds, marquant les divisions entre ses lobes: le lobe frontal, le lobe temporal proche de l'oreille, le lobe pariétal au sommet de la tête et le lobe occipital à l'arrière du cerveau. En-dessous se trouve le tronc cérébral, responsable des fonctions les plus basiques de la vie, dont la respiration et le rythme cardiaque. Notez aussi le cervelet, pareil à un chou-fleur, niché tout à côté. Le tronc cérébral se connecte à la moelle épinière, liant le cerveau au reste du corps. Reposez doucement le cerveau et écartez gentiment ses deux hémisphères afin d'observer ses structures internes, dont le haut du tronc cérébral, le mésencéphale. Au-dessus de celui-ci se trouve le thalamus en forme d'œuf – la station relais du cerveau. Pratiquement toute information sensorielle arrive ici avant d'être transmise au cortex. Dans la terminologie traditionnelle de l'anatomie, le tronc cérébral est le métencéphale, le thalamus est une partie du diencéphale et le cortex externe est le télencéphale.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le cerveau peut être divisé sommairement en trois parties: le cortex externe, le diencéphale (incluant le thalamus) et le tronc cérébral.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Actuellement, il va de soi que le cerveau est le siège de la pensée, mais cette notion n'a pas toujours été admise. Même quand l'importance du cerveau a été démontrée par Galien au IIe siècle, il a fallu plus d'un millénaire pour que cette idée soit universellement acceptée. Au XVIIe siècle, le philosophe anglais Henry More prônait que le cerveau humain avait autant de potentiel de réflexion qu'un «bol de lait caillé».

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

LE CERVELET

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

CERVEAU GAUCHE CONTRE CERVEAU DROIT

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

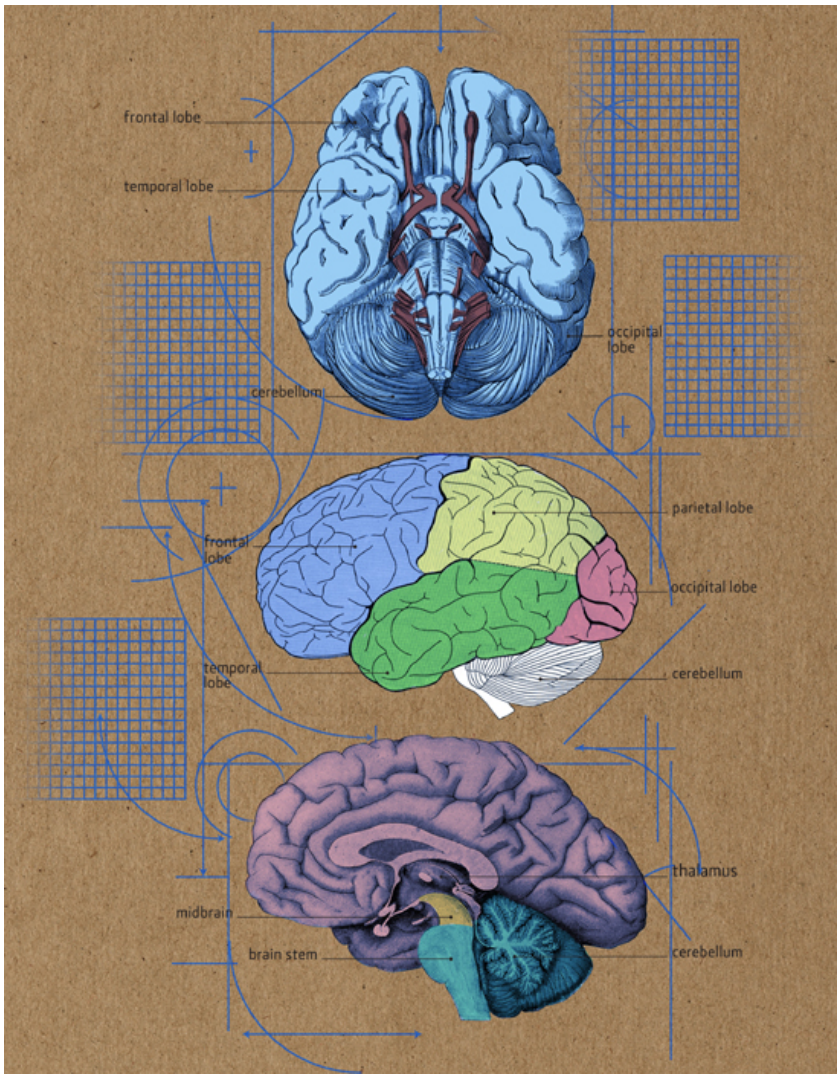
GALIEN

129–vers 210/216

Le «prince des médecins» est crédité de la première démonstration de l'importance du cerveau dans l'élaboration du comportement

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett



Plan du cerveau: une unité compacte multifonctionnelle qui occupe peu d'espace, alimentée de manière organique, et conçue pour réagir instantanément aux changements environnementaux.

LE CERVELET

Le Cerveau en 30 secondes

Situé à l'arrière du cerveau, le cervelet (littéralement «petit cerveau») ressemble à un chou-fleur de la taille d'un poing. Il compte pour 10 % du volume du cerveau, mais contient environ la moitié des neurones de l'ensemble du système nerveux central. Comme le cerveau, le cervelet est formé de deux hémisphères, sauf que là ils sont joints par une structure étroite, le vermis (littéralement «ver»). Le cortex cérébelleux couvert de stries parallèles très rapprochées est formé de matière blanche dans ses parties les plus profondes, avec de la matière grise plus proche de la surface. Le cervelet contient de nombreuses cellules de Purkinje à arborescence complexe, cellules qui n'existent nulle part ailleurs dans le cerveau. Depuis le début du XIXe siècle, les hommes de science ont admis le rôle important joué par le cervelet quant au contrôle du mouvement et de la posture. Les anomalies de son fonctionnement, qu'elles soient causées par une maladie génétique, un dommage cérébral ou l'effet de l'alcool, conduisent à des difficultés de locomotion et à une maladresse générale lors du mouvement. Récemment, notre compréhension du cervelet a été révolutionnée; on pense maintenant qu'il est impliqué, en plus du contrôle moteur, dans le fonctionnement de la mémoire, de l'humeur, du langage et de l'attention.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le cervelet est plein à craquer de neurones. Sa première fonction est le contrôle moteur et la coordination, bien que nous sachions maintenant qu'il fait bien davantage.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le cervelet est responsable du fait que nous ne sommes pas capables de nous chatouiller nous-mêmes. Outre le fait qu'il calcule les mouvements nécessaires pour accomplir une action souhaitée (un «modèle inverse»), le cervelet forme aussi des prédictions («modèle en avant») quant aux possibles conséquences sensorielles de nos actions et la manière de les neutraliser. Ce processus interdit de se chatouiller soi-même (voir aussi ici).

INTELLIGENCE LIÉE

L'ARCHITECTURE BASIQUE DU CERVEAU

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

JAN EVANGELISTA PURKINJE

1787–1869

A décrit les cellules à arborescence complexe qui portent son nom

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

1852–1934

Grâce à des techniques révolutionnaires, a mis en lumière la structure cellulaire sous-jacente du cervelet

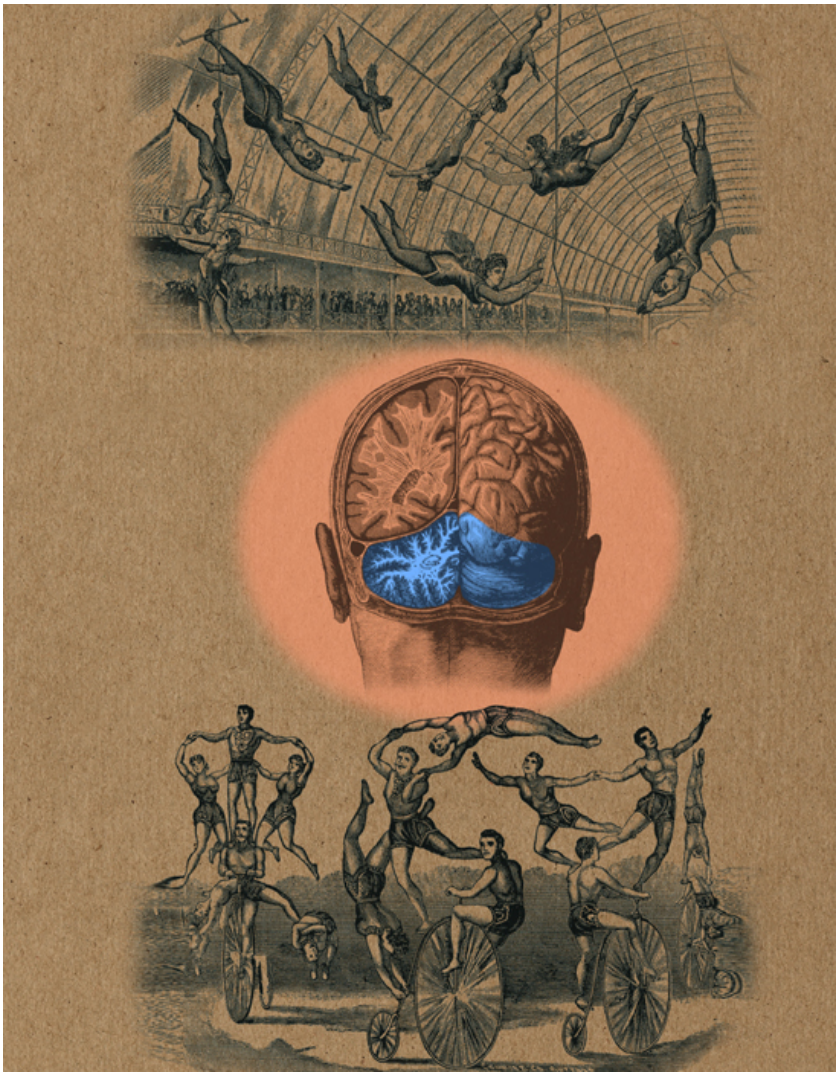
MASAO ITO

1928–

Pionnier de la description des circuits fonctionnels du cervelet

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett



***Incapable de faire du monocycle sur un fil, les yeux bandés? Reprochez-le au cervelet*.**

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

Le Cerveau en 30 secondes

Le cerveau se développe à partir d'un tube formé par le tissu neural de l'embryon à son premier stade d'évolution. Les cellules se multiplient plus rapidement sur la partie antérieure de ce tube neural, qui s'élargit pour devenir le cerveau embryonnaire. Les nouvelles cellules se transforment en neurones immatures. Lorsque l'embryon est âgé d'environ quatre semaines, ceux-ci migrent vers leurs destinations, faisant émerger dendrites et axones et formant les premières des trillions de connexions synaptiques. Ces interconnexions ne suivent pas de plan précis – le cerveau embryonnaire génère un excès de neurones et de synapses, favorisant la compétition et les interactions avec l'environnement en vue de façonner des circuits fonctionnels. Ayant échoué à former des connexions utiles, environ la moitié des neurones embryonnaires sont détruits. Les axones des neurones survivants sont isolés par des cellules gliales lors du processus de myélinisation, qui accroît la vitesse et la qualité de la transmission de l'information. Jusqu'à récemment, on pensait que le développement du cerveau s'achevait au début de l'enfance. Cependant, le volume de matière grise s'accroît progressivement tout au long de l'enfance, connaît un pic au début de l'adolescence puis diminue à mesure que l'adolescent devient adulte. Cette *réduction* du volume du cerveau semble bizarre, mais reflète sa capacité à s'adapter à l'environnement en éliminant les synapses inutilisées et en fortifiant celles qui sont utiles (du moins, c'est ce qu'on pourrait se dire!).

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les capacités du cerveau sont entretenues par des mécanismes dynamiques plastiques ayant pour origine l'embryon, mais qui continuent à opérer après la naissance et à l'âge adulte.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le développement du cerveau est caractérisé par une convergence des influences génétiques (l'inné) et environnementales (l'acquis). Une mauvaise compréhension de ces interactions sous-tend des questions comme: *«Ce trait-là est-il dû à l'inné ou à l'acquis?»* Il est cependant erroné de présenter les questions comme des propositions «soit/ou». Le génome ne renferme pas assez d'information pour fabriquer un cerveau à part entière, donc des gènes ont évolué pour exploiter l'information venant de l'environnement, essentielle aux réglages des réseaux neuronaux.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

DARWINISME NEURONAL

NEUROGENÈSE & NEUROPLASTICITÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

RITA LEVI-MONTALCINI

1909–2012

Prix Nobel de médecine (avec Stanley Cohen) en 1986 pour la découverte du «facteur de croissance des cellules nerveuses», substance chimique clé façonnant le développement neuronal

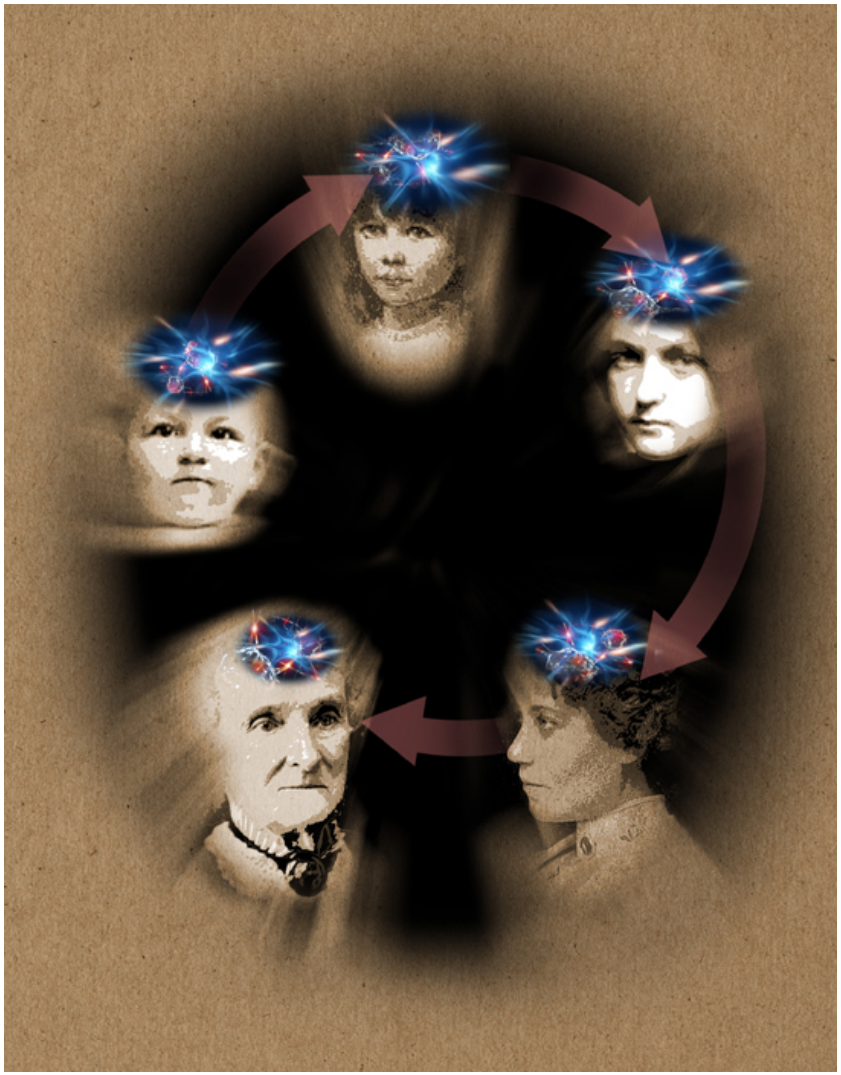
ROGER SPERRY

1913–1994

Prix Nobel de médecine en 1981 pour avoir montré que les signaux chimiques fournissent les mécanismes de base des connexions cérébrales

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea



Vous ne perdez pas de cellules cérébrales, vous supprimez les fainéantes pour révéler une machine à réflexion très précise.

L'ÉVOLUTION DU CERVEAU

Le Cerveau en 30 secondes

Le cerveau a commencé à évoluer il y a environ un milliard d'années, avec l'apparition des premiers organismes multicellulaires. Pour communiquer l'une avec l'autre, les cellules ont développé des tissus neuraux – présents encore chez certaines créatures actuelles, comme les méduses. Par la suite, des événements géologiques et climatiques induisant l'apparition de nouveaux environnements et défis ont stimulé encore plus l'évolution du cerveau, y compris l'émergence de groupes de neurones consacrés à des tâches spécifiques. Difficile de dire quand ces centres neuronaux se sont connectés en formant le premier cerveau, mais nous savons qu'il y a environ un milliard d'années les ancêtres des vertébrés modernes possédaient déjà des structures vaguement cérébrales. En regardant le règne animal actuel, on voit la manière dont les pressions évolutionnistes ont induit l'émergence de différents types de cerveau. Par exemple, la drosophile n'a pas de cortex, mais a de grands lobes d'antenne et des corps pédonculés, consacrés au traitement de l'odeur. Chez le rat, de grandes zones du cortex sont consacrées au traitement de l'information venant de ses moustaches. Le poisson a un cervelet élargi, structure impliquée dans le mouvement. Il y a beaucoup de théories quant à ce qui a pu causer la massive expansion du cerveau humain, dont le bipédisme (qui a libéré les mains pour utiliser des outils), les groupes sociaux et l'apparition du langage.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le cerveau a commencé à évoluer il y a des millions d'années, permettant à l'organisme de réagir au monde extérieur de façon de plus en plus sophistiquée et flexible.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Un débat récurrent aborde la question de savoir si le cerveau humain continue à changer. Des preuves génétiques publiées en 2005 suggèrent que c'est bien le cas. Une équipe de l'université de Chicago a identifié deux variantes des gènes impliqués dans le développement du cerveau, apparus à une époque relativement récente de l'histoire humaine – le MCPH (microcéphaline) et l'ASPM._Le premier est apparu il y a environ 37 000 ans, le second, il y a quelque 5 800 ans. Leur propagation rapide et continue dans la population suggère qu'ils confèrent un quelconque avantage.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

NEUROGÉNÉTIQUE

LE CERVELET

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett

Le cerveau humain est dans un état constant d'amélioration pour gérer la posture debout, les pouces opposables et l'envie insatiable d'envoyer des SMS.

THÉORIES SUR LE CERVEAU

THÉORIES SUR LE CERVEAU

GLOSSAIRE

Cervelet Structure ressemblant à un chou-fleur, située à l'arrière du cerveau, le plus souvent associée au contrôle de la précision, de la justesse et de la fluidité des mouvements; on sait actuellement qu'il joue un rôle important dans d'autres processus cognitifs. Le cervelet renferme environ la moitié des neurones de l'ensemble du système nerveux.

Codage prédictif Mise en œuvre de l'hypothèse du cerveau bayésien, selon laquelle le cerveau conserve des modèles prédictifs des causes externes de données sensorielles et actualise ces modèles selon une variante du théorème de Bayes. Le codage prédictif plonge ses racines dans les idées de Hermann von Helmholtz, qui concevait la perception comme une forme d'inférence.

Conditionnement Processus d'apprentissage par lequel un stimulus est associé à un résultat conduisant à un changement de comportement. Il y a divers types de conditionnement – les plus connus étant le «classique» et l'«opérant». Lors du conditionnement classique, un stimulus environnemental (par exemple, un son aigu) est associé à un résultat (tel que la présentation de la nourriture), conduisant à un nouveau comportement (comme la salivation et/ou l'approche) face au stimulus. Lors du conditionnement opérant, une association est établie entre une action (par exemple, appuyer sur un levier) et un résultat (obtenir de la nourriture), conduisant à une propension à réaliser cette action-là.

Connexionisme Approche théorique expliquant la manière dont les réseaux interconnectés de neurones peuvent apprendre *via* de simples règles locales appliquées à des paires de neurones. Le connexionisme est autant un modèle de fonctionnement cérébral qu'une méthode de l'intelligence artificielle.

Hypersynchronie État cérébral survenant quand les niveaux de synchronie neuronale excèdent les limites normales, de sorte que de grandes parties du cerveau s'activent et se désactivent de concert. Ces «tempêtes électriques» sont associées à des crises d'épilepsie.

Neurones Cellules nerveuses, unité

Neurones Cellules nerveuses, unité fonctionnelle de base du système nerveux. Les neurones effectuent les opérations basiques du cerveau, recevant les influx nerveux des autres neurones *via* les dendrites, et – en fonction du motif ou de la force de ces influx – renvoyant ou non un influx nerveux. Les neurones présentent différentes variétés mais (presque) tous ont des dendrites, un corps cellulaire (soma) et un seul axone.

Phrénologie Popularisée par Franz Gall au XIXe siècle, la phrénologie, pratique maintenant discréditée, déduit la personnalité et les capacités mentales à partir des diverses bosses du crâne. Bien qu'il se soit trompé à ce sujet, Gall avait raison quant au fait que les différentes parties du cerveau effectuent des tâches distinctes, concept qui se trouve à la base de la neuropsychologie moderne et même de l'IRMf.

Ré-entrée En termes de structure cérébrale, modèle de connexions où une aire A se connecte à une aire B, et l'aire B est réciproquement connectée à l'aire A. En termes de dynamique, signifie que les signaux neuronaux circulent dans les deux directions entre deux aires. La «ré-entrée» doit être distinguée du «feedback», terme désignant le traitement des signaux d'erreur.

Synapses Jonctions entre neurones, liant l'axone de l'un à la dendrite d'un autre. Les synapses assurent la séparation physique des neurones. La communication à travers les synapses se produit soit chimiquement, *via* les neurotransmetteurs, soit électriquement.

Synchronie Activité corrélée des neurones individuels. Les neurones en synchronie stimulent des potentiels d'action en même temps, ce qui peut accroître leur impact sur les autres neurones qu'ils visent. La synchronie neuronale sous-tend de nombreux processus liés à la perception et à l'attention.

Théorème de Bayes Pilier de la théorie des probabilités, nommé d'après le révérend Thomas Bayes, ce théorème offre une manière d'actualiser les estimations d'une probabilité ou d'un paramètre quelconque à partir de nouvelles observations. Comme il dépend des estimations précédentes, le théorème de Bayes a été très controversé. Actuellement, il sert beaucoup dans les statistiques et est de plus en plus influent en tant que métaphore du fonctionnement possible du cerveau.

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

Le Cerveau en 30 secondes

Cartographes du mental, les savants du XIXe siècle ont commencé à déchiffrer la *terra incognita* du cerveau. Selon Franz Gall, fondateur de la phrénologie, les régions cérébrales correspondaient à des bosses du crâne représentant les variations individuelles de l'intellect et de la personnalité. Sa théorie a été désavouée, mais les questions sous-tendant ses idées ont subsisté: la mémoire, l'attention, l'émotion, la perception et le langage dépendent-ils d'aires cérébrales particulières ou sont-ils distribués à travers le cerveau? La principale manière de tester cette idée a été l'«ablation» d'une aire spécifique du cerveau chez un animal (ou l'analyse des personnes présentant des lésions cérébrales spécifiques). Alors que chez l'homme cette preuve étayait la localisation d'une fonction, chez les animaux les choses étaient moins claires. Karl Lashley a habitué des rats à parcourir un labyrinthe et a testé leur comportement après avoir endommagé des parties précises de leur cerveau. Il a constaté que la diminution de la performance dépendait plus du volume de tissu cérébral endommagé que de son emplacement. Cela l'a conduit à défendre l'idée d'«action de masse dans le cerveau», qui prônait que le cortex cérébral agit «comme un ensemble» lors de différents types d'apprentissage. Dans le consensus moderne, bien que de nombreuses fonctions soient associées à des aires cérébrales spécifiques, chaque fonction dépend des interactions des réseaux impliquant de nombreuses aires distinctes.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les fonctions cognitives ne sont ni bien localisées, ni totalement distribuées dans le cerveau – chacune dépend d'un réseau complexe, mais spécifique, d'aires cérébrales interagissantes.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

La question n'est pas de savoir *où* est située une fonction cognitive dans le cerveau, mais *quels* sont les mécanismes sous-jacents et les réseaux interagissants étayant ceux-ci. Les neuroscientifiques ont découvert que les aires fonctionnelles spécialisées ne travaillent pas seules – ce sont plutôt des centres dans des réseaux complexes interconnectés. Par exemple, la peur dépend de l'amygdale – si cette aire est enlevée, la personne ne connaît plus la peur – pourtant, ce sont les connexions de l'amygdale et du réseau élargi qui permettent d'éprouver ce sentiment.

INTELLIGENCE LIÉE

L'ARCHITECTURE BASIQUE DU CERVEAU

NEUROPSYCHOLOGIE

IMAGERIE CÉRÉBRALE

LE CONNECTOME HUMAIN

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

FRANZ GALL
1758–1828
Fondateur de la phrénologie

KARL LASHLEY
1890–1958
Défenseur des idées d'«action de masse» et d'«équipotentialité» du cerveau

TEXTE EN 30 SECONDES

Tristan Bekinschtein

L'impression d'un artiste des réseaux cérébraux locaux – vous savez comment se sentent les rats dans un labyrinthe. Il y aura du fromage si vous le traversez.

APPRENTISSAGE HEBBIEN

Le Cerveau en 30 secondes

Que se passe-t-il dans le cerveau quand nous apprenons quelque chose de nouveau? Comment les modifications des neurones et des synapses conduisent-elles à la formation de nouveaux souvenirs? En 1949, Donald Hebb a pensé que l'apprentissage et la mémoire pourraient dépendre d'un processus où les «neurones qui stimulent en même temps sont des neurones qui se lient ensemble». Pensez-y comme aux traces de pas dans la neige, qui deviennent plus profondes à chaque fois que deux neurones communiquent. Au début, la théorie de Hebb était appliquée aux expériences sur le conditionnement entamées par Ivan Pavlov. Par exemple, un neurone particulier du cerveau d'une abeille s'active quand on donne à celle-ci du sucre, la faisant sortir sa trompe. Si on introduit un arôme de citron avant de donner le sucre à l'abeille et si on répète cela plusieurs fois, l'abeille se mettra à sortir sa trompe quand elle hume le citron, même en absence de sucre. Ce neurone-là s'active en présence du seul arôme. L'apprentissage hebbien a fortifié les connexions entre neurones réagissant à l'odeur de citron. Des preuves ont montré que l'apprentissage modifie au niveau moléculaire les connexions entre deux neurones. Imaginez maintenant que vous apprenez une nouvelle expression: «cerveau engourdi». Vous créez là de nouvelles connexions dans les réseaux de votre cerveau linguistique grâce à l'apprentissage hebbien.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Que se passe-t-il quand on apprend quelque chose de nouveau? «Les neurones qui stimulent en même temps se lient ensemble.»

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les neurotransmetteurs se servant comme d'un pont de l'espace entre deux neurones, l'espace synaptique, peuvent exciter le premier neurone ou inhiber le second. L'apprentissage fonctionne comme une combinaison de ces deux types de communication. Sur cette base, on a trouvé la preuve de l'apprentissage même chez les limaces de mer. Dans ce cas, le mécanisme moléculaire implique le neurotransmetteur glutamate libéré par le premier neurone, qui traverse l'espace synoptique et se lie aux récepteurs du second neurone, qui à son tour rend disponibles plus de récepteurs pour l'arrivée suivante de glutamate.

INTELLIGENCE LIÉE

RÉSEAUX NEURONAUX

CODAGE NEURONAL

LE CERVEAU QUI SE SOUVIENT

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

IVAN PAVLOV

1849–1936

Auteur du concept de conditionnement, mécanisme sous-tendant l'apprentissage dans la plupart de ses formes

DONALD HEBB

1904–1985

A proposé un mécanisme d'apprentissage neuronal

TEXTE EN 30 SECONDES

Tristan Beklnschteln

Lors d'une expérience d'apprentissage hebbien, les abeilles sortent leur trompe en humant le citron, car leurs neurones ont appris que le sucre suivra.

RÉSEAUX NEURONAUX

Le Cerveau en 30 secondes

Imaginez un ordinateur capable de penser comme nous, puis faites travailler ses circuits comme des réseaux de neurones donnant naissance aux processus sous-tendant la perception, les pensées et les actions. C'est le but de la neuroscience computationnelle. Même si elle reste hors d'atteinte, la perspective de la réalisation de réseaux neuronaux a beaucoup influencé les théories concernant le fonctionnement du cerveau. En 1890, William James prônait que les pensées sont un produit de l'interaction des neurones, idée quasi impossible à tester à l'époque. En 1943, dans une approche plus formelle, Warren McCulloch et Walter Pitts ont créé le modèle mathématique d'un neurone à entrée et sortie, base du premier réseau de neurones artificiels. Dans les années 1970, des réseaux mathématiques de neurones artificiels ont été créés, imitant les mécanismes biologiques cérébraux. Ces réseaux étaient centrés sur des algorithmes d'apprentissage et pouvaient résoudre des problèmes complexes de reconnaissance de motifs. En plus d'aider les scientifiques à comprendre le fonctionnement du cerveau, ils ont aussi conduit – et conduisent encore – à de nouvelles technologies s'inspirant de la biologie. Une implication de ce concept est que l'information n'est pas localisée dans le cerveau, mais distribuée à travers toutes les connexions d'un réseau. On tente maintenant de concevoir de nouvelles architectures de réseau neuronal qui imitent encore plus le cerveau.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les réseaux de neurones artificiels font preuve d'une capacité d'apprentissage assez similaire au cerveau humain. Des recherches sont encore nécessaires avant qu'ils puissent penser, apprendre ou même ressentir.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'apprentissage à travers les réseaux de neurones a été un accomplissement majeur du développement de l'intelligence artificielle. Ses formes avancées permettent aux ordinateurs d'identifier les modèles et de classifier les données sans avoir été explicitement programmés pour cela. Récemment, Geoff Hinton, pionnier dans ce domaine, a montré que l'organisation hiérarchique de réseaux multiples de neurones (l«' apprentissage apprentissage profond») est déterminante pour l'apprentissage des concepts de haut niveau.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

APPRENTISSAGE HEBBIEN

LE CERVEAU BAYÉSIEN

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

WARREN STURGIS MCCULLOCH & WALTER PITTS

1898–1969 & 1923–1969

Auteurs de la démonstration mathématique montrant que les réseaux de neurones artificiels peuvent mettre en œuvre des fonctions logiques, arithmétiques et symboliques

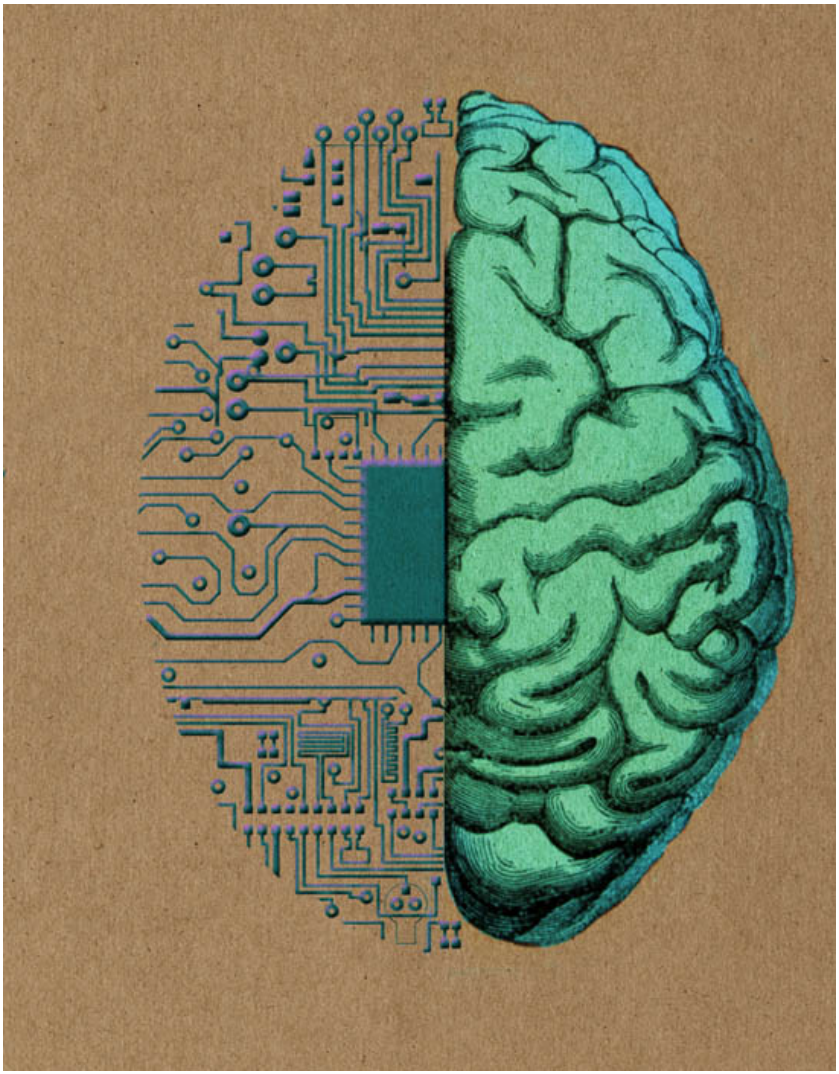
DAVID RUMELHART & JAMES MCLELLAND

1942–2011 & 1948–

Créateurs du premier modèle formel, devenu le cadre de base pour la plupart des modèles de connexionisme

TEXTE EN 30 SECONDES

Tristan Bekinschtein



À gauche, un réseau de neurones artificiels; à droite, une éponge ratatinée pleine d'eau, de sucre et de graisse. Qui est le plus malin?

CODAGE NEURONAL

Le Cerveau en 30 secondes

Comment un groupe de neurones peut-il percevoir un changement dans le monde, transformer la perception en information et l'envoyer à un autre réseau de neurones afin de générer sensations et comportements? Précisons d'abord que le cerveau n'a pas un seul langage mais plusieurs, sorte de tour de Babel neuronale. Pire encore, ces langages sont distincts à des niveaux différents: neurones, réseaux (groupes de neurones), cerveau entier. Par exemple, le tracé de l'activité électrique simultanée d'un amas de neurones du cortex moteur d'un singe montre que la somme des voix des différents neurones n'explique pas la trajectoire du mouvement de son bras. Cependant, l'activité intégrée des dizaines de milliers de neurones encode cette trajectoire, soulignant sa nécessité pour le mouvement. Comment les groupes distants de neurones coordonnent-ils leur activité? Le code neuronal est-il un «code de débit», autrement dit est-il basé sur la vitesse à laquelle les neurones envoient des influx? Ou le cerveau utilise-t-il un «code de temps» où le motif d'activation précis est celui qui importe? Le débat dure depuis longtemps et les choses semblent être plus complexes que «l'un ou l'autre». Les scientifiques modernes utilisent des outils mathématiques novateurs et des théories de pointe pour montrer comment les codes de débit et de temps pourraient travailler de concert en tant qu'intermédiaires des conversations électriques du cerveau.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Comment le cerveau se parle-t-il à lui-même? Pour déchiffrer le mystère de son fonctionnement, on doit comprendre le langage individuel et collectif des neurones.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Un concept prometteur pour le codage neuronal est celui de synchronie. Les neurones qui envoient des influx de concert auront probablement plus d'impact sur leurs cibles que ceux qui ne le font pas, en supposant que les influx émis de façon synchrone arrivent à leurs destinations en même temps. La synchronie des grandes populations de neurones est visible dans les rythmes cérébraux détectables à l'EEG. Il a été suggéré que ces rythmes offrent aux neurones des «chances» de communiquer efficacement les uns avec les autres.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

RÉSEAUX NEURONAUX

LE CERVEAU QUI OSCILLE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

ALAN TURING

1912–1954

Père de l'informatique, a craqué le code de la machine Enigma

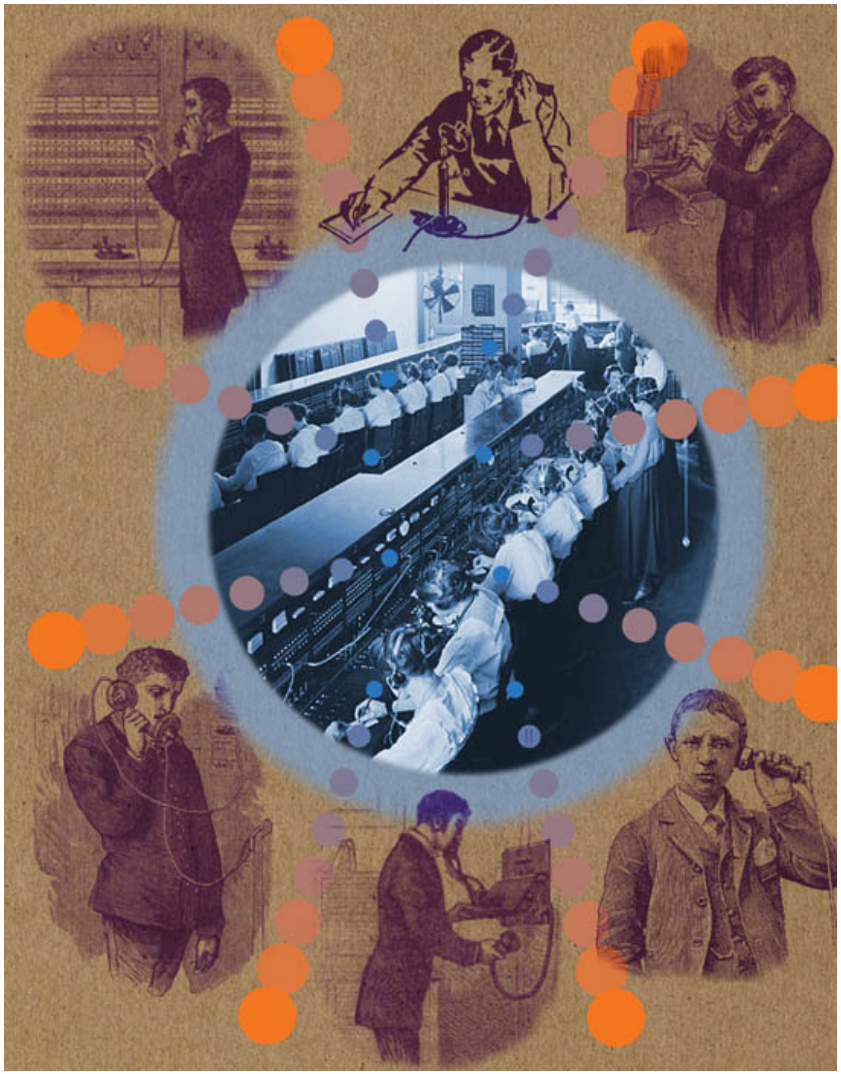
WILLIAM BIALEK

1960–

A formalisé le problème de lecture du code neuronal en utilisant la théorie de l'information

TEXTE EN 30 SECONDES

Tristan Bekinschtein



Scènes de la centrale du cerveau: «M'entendez-vous? Restez en ligne. Votre appel est important pour nous.»

DONALD HEBB

Malgré l'impact qu'il a eu sur sa discipline, Donald Olding Hebb est arrivé assez tard à la psychologie. Sa première ambition était de devenir écrivain. Né en Nouvelle-Écosse (Canada), il a commencé sa carrière académique à l'université Dalhousie, où il a obtenu une licence. Sa carrière d'écrivain n'a pas décollé, si bien qu'il a fait le choix pragmatique de l'éducation, enseignant pendant quelques années dans des écoles élémentaires et des lycées. La lecture de Freud et de Pavlov l'a dirigé vers la psychologie; il a obtenu une maîtrise à l'université McGill, suivie par un doctorat à Harvard (sous la direction de Karl Lashley), un stage à l'Institut de neurologie de Montréal (avec Wilder Penfield, voir ici) et une période au Yerkes Laboratory of Primate Biology.

Le travail de Hebb s'est consacré tant à la neurophysiologie qu'à la psychologie. Son intérêt premier concernait le lien entre cerveau et mental – le comportement des neurones et la manière dont ils produisent ce que nous percevons comme pensées, sentiments, souvenirs et émotions. Il a abordé ce problème sous tous les angles, étudiant la privation sensorielle, les lésions cérébrales, les effets de la neurochirurgie, du comportement, de l'expérience, de l'environnement, de la stimulation et de l'hérédité, ainsi que les principales théories de la psychologie de son époque, dont le Gestalt, le béhaviorisme et les travaux de Freud, Skinner et Pavlov. Ses découvertes l'ont incité à formuler une sorte de grande théorie unifiée de la neuroscience, qu'il espérait voir joindre cerveau et mental.

En 1942, lorsqu'il travaillait chez Yerkes, il a commencé à rédiger son livre le plus important, *Psychophysiologie du comportement*, présentant ses idées. Il y a introduit le concept de synapse hebbienne (l'idée que les «neurones qui stimulent en même temps sont des neurones qui se lient ensemble») et d'association des cellules, notion que l'apprentissage hebbien allait conduire aux groupes de neurones s'activant dans des séquences particulières, permettant la réflexion, la perception, l'apprentissage et la mémoire. Son livre a été publié en 1949, une année après qu'il fut nommé professeur de psychologie à l'université McGill. Son influence et son importance ont été très étendues. Son œuvre de pionnier reste la base de nombreux développements de la robotique, de l'informatique, de l'intelligence artificielle et de l'ingénierie, ainsi que de la neuroscience et de la psychologie développementale.

Tant les neuroscientifiques que les psychologues revendiquent Donald Hebb comme l'un des leurs. Sa capacité de jeter un regard d'expert sur le détail de ses recherches et de prendre en même temps du recul afin de montrer à ses lecteurs l'image globale est un hommage à ses talents latents d'écrivain – comme tous les grands romanciers, il a réussi à unifier le général et le particulier.

22 juillet 1904
Naît à Chester (Nouvelle-Écosse, Canada)

1925
Licence de l'université Dalhousie

1932
Maîtrise en psychologie de l'université McGill; sa thèse est intitulée *Conditioned and Unconditioned Reflexes and Inhibition*

1933–1934
Écrit *Scientific Method in Psychology: A theory of epistemology based in Objective Psychology*; non publié, mais une mine d'idées

1934
Travaille sous la direction de Karl Lashley à l'université de Chicago

1935
Suit Lashley à Harvard pour continuer son doctorat sur les eff ets de la privation visuelle sur la perception des rats

1936
Obtient son doctorat

1937
Recherches postdoctorales à l'Institut de neurologie de Montréal, sous la direction de Wilder Penfield

1942
Commence à travailler au Yerkes Laboratory, étudiant les émotions chez le chimpanzé

1947
Nommé professeur de psychologie à l'université McGill, où il reste jusqu'à sa retraite en 1972

1949
Publie *Psychophysiologie du comportement*

1960

Élu président de l'American Psychological Association

1972

Prend sa retraite à l'université McGill, en restant professeur honoraire de psychologie

1980

Revient à l'université Dalhousie comme professeur honoraire de psychologie

20 août 1985

Décède en Nouvelle-Écosse

LE CERVEAU QUI OSCILLE

Le Cerveau en 30 secondes

À quelle fréquence percevez-vous une onde cérébrale? Si vous avez une mauvaise journée, vous pourrez dire «à peine», mais la vérité est que les ondes cérébrales circulent constamment, même quand vous êtes endormi. L'activité électrique du cerveau, mesurée par des techniques telles que l'EEG, est caractérisée par de fortes oscillations – ondes – censées naître de l'activité synchrone des innombrables neurones. En fait, les «ondes alpha» ont été les premières à être observées par Hans Berger, l'inventeur de l'EEG dans les années 1920. Les ondes alpha sont des oscillations relativement lentes, à environ 10 Hz (10 cycles par seconde), observées surtout dans la partie postérieure du cerveau, plus prononcées à l'état de veille détendu, les yeux fermés. Cela a conduit certains chercheurs à suggérer que le rythme alpha reflète le «ralentissement» cortical, bien que cette idée soit maintenant mise en doute. D'autres oscillations importantes du cerveau incluent les ondes delta (1 à 4 Hz), thêta (4 à 8 Hz), bêta (12 à 25 Hz) et gamma (25 à 70 Hz ou plus), même si ces catégories sont quelque peu arbitraires. On tente actuellement de découvrir leur rôle pour le cerveau et le mental. Par exemple, les ondes bêta apparaissent sur les aires motrices du cortex à mesure que le cerveau se prépare au mouvement; on pense depuis longtemps que les ondes gamma soutiennent la connexion des caractéristiques de perception lors des scènes complexes.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La synchronie des grandes populations de neurones conduit à des ondes cérébrales caractéristiques, qui sous-tendent toutes les fonctions de perception, cognitives et motrices.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les ondes cérébrales ne sont pas toujours bonnes pour vous. Quand les oscillations neuronales deviennent trop fortes, le cerveau risque d'entrer dans un état d'«hypersynchronie», où de vastes groupes de neurones s'activent et se désactivent de concert. Ce genre de tempête électrique se produit durant les crises d'épilepsie. La capacité de prédire les épisodes hypersynchrones avant leur déclenchement, peut-être à temps pour permettre une intervention, est actuellement un défi majeur pour les neuroscientifiques.

INTELLIGENCE LIÉE

IMAGERIE CÉRÉBRALE

SOMMEIL & RÊVE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

HANS BERGER

1873–1941

Neurophysiologiste, premier à avoir enregistré les signaux EEG; les ondes alpha étaient appelées initialement «ondes de Berger»

WILLIAM GREY WALTER

1910–1977

Neurologue et cybernéticien, le premier à mesurer les ondes delta durant le sommeil

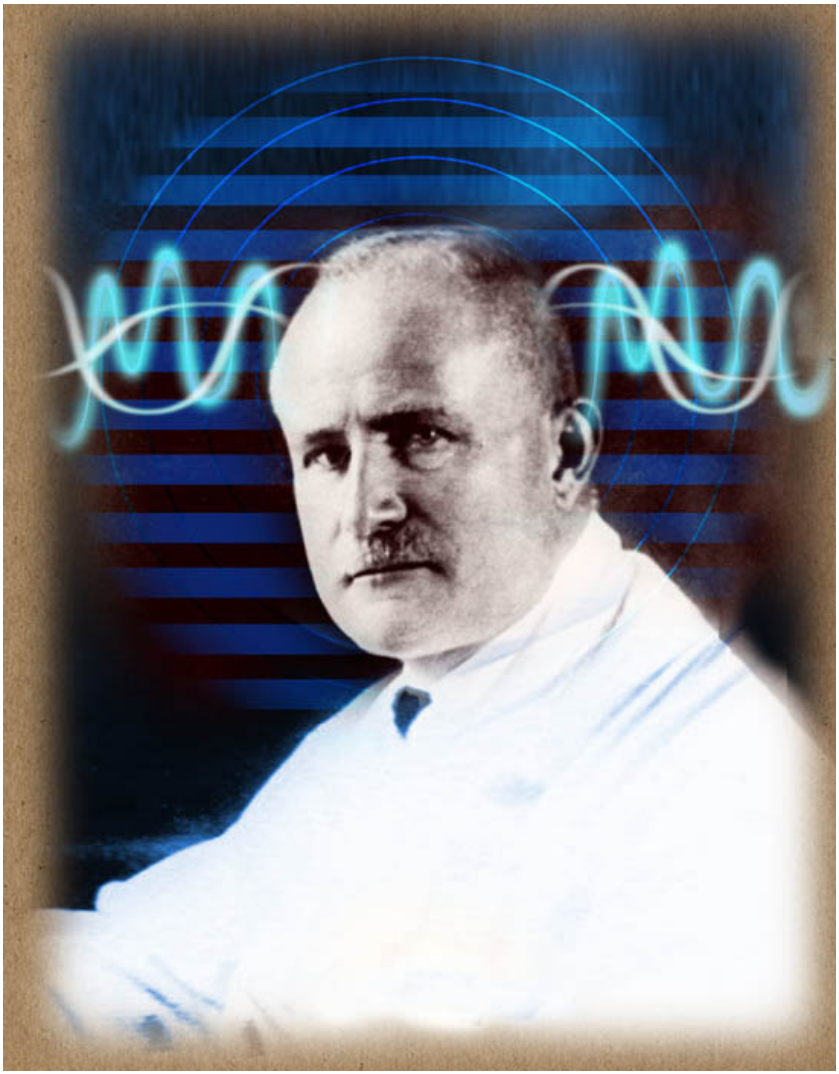
WOLF SINGER

1943–

Auteur de l'idée que les ondes gamma jouent un rôle dans la perception

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Hans Berger surfe sur les vagues de son propre cerveau. Il peut vous assurer que c'est bien plus revigorant que cela en a l'air.

DARWINISME NEURONAL

Le Cerveau en 30 secondes

La théorie de la sélection naturelle de Darwin est parmi les plus grandes réalisations scientifiques, expliquant la manière dont la vie complexe émerge de la variation évolutionniste et de la sélection au fil de très longues périodes. Le darwinisme développé par Gerald Edelman prône qu'un processus similaire prend place dans le cerveau, impliquant des groupes de neurones au lieu de gènes ou d'organismes. Appelé aussi théorie de sélection du groupe neuronal, il repose sur trois propositions: le premier développement cérébral génère un ensemble très divers de circuits neuronaux, une sélection prend place parmi les groupes (ceux utilisés survivent et deviennent plus forts, les autres disparaissent), un interchangement constant de signaux – la «ré-entrée» – prend place entre des groupes de neurones séparés. Francis Crick (voir ici) a critiqué cette théorie, soulignant qu'il lui manquait un mécanisme de réplication, propriété essentielle de la sélection naturelle de concert avec la diversité et la sélection. Toutefois, Edelman a continué à développer sa théorie, apportant de nouvelles preuves provenant du langage et même de la conscience. Bien que la preuve directe manque toujours, sa théorie redevient significative à mesure que les neuroscientifiques avancent dans la compréhension de la manière dont de très larges populations de neurones se comportent et se développent.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La réflexion sur la population, si essentielle pour Darwin, peut aussi être la clé de la compréhension du cerveau.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le darwinisme neuronal établit une distinction essentielle entre «instruction» et «sélection». Les systèmes instructionnistes, comme les ordinateurs, reposent sur des programmes et des algorithmes et suppriment la variabilité et le bruit. Les systèmes sélectionnistes dépendent des volumes considérables de variation et impliquent la sélection d'états spécifiques d'un répertoire très large. La théorie offre un fort contraste avec les modèles computationnels du cerveau et du mental, mettant en évidence – à l'exemple de Darwin – le fait que la variation est essentielle pour la fonction biologique.

INTELLIGENCE LIÉE

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

APPRENTISSAGE HEBBIEN

RÉSEAUX NEURONAUX

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

GERALD M. EDELMAN

1929–

Prix Nobel de médecine pour son travail sur les principes de sélection en immunologie, il développe la théorie du darwinisme neuronal depuis les années 1970

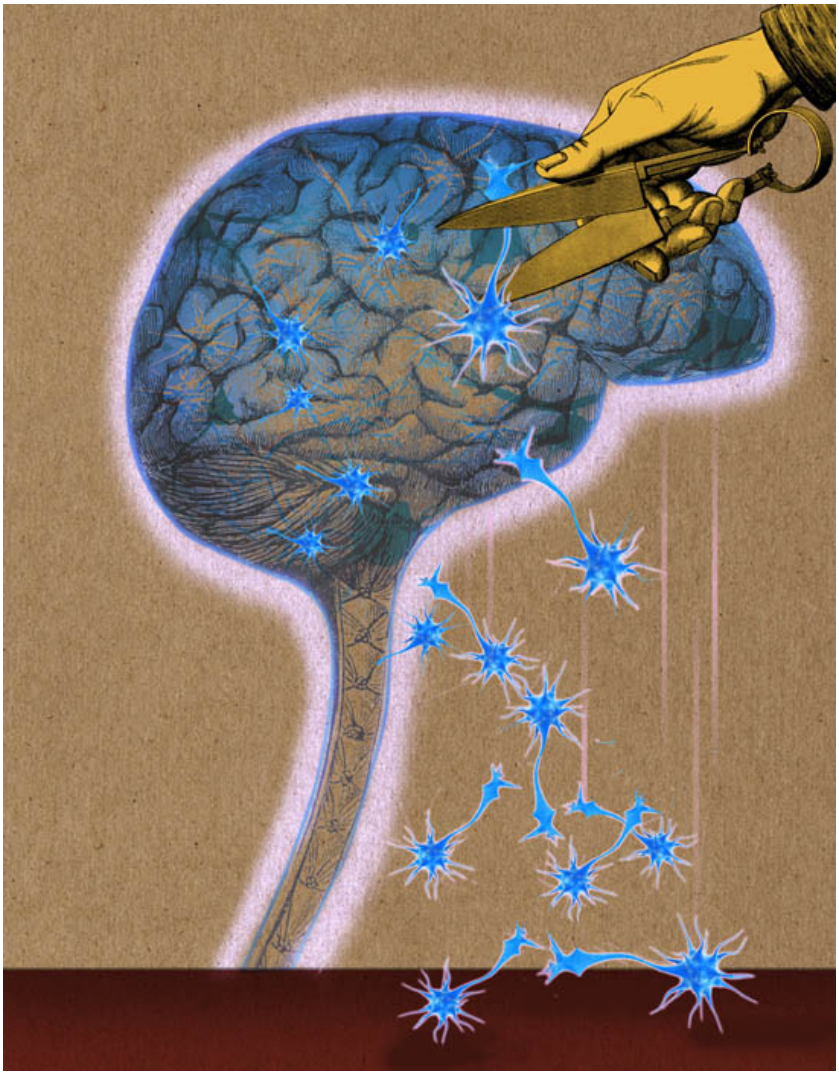
JEAN-PIERRE CHANGEUX

1936–

Pionnier du développement des théories de sélection du fonctionnement cérébral; il a identifié le récepteur nicotinique de l'acétylcholine

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Élagage cérébral – certains neurones peuvent voler, d'autres disparaîtront.

LE CERVEAU BAYÉSIEN

Le Cerveau en 30 secondes

Imaginez être un cerveau. Vous êtes enfermé dans un crâne osseux, essayant de comprendre ce qu'il y a dehors. Vous ne disposez que des signaux électriques provenant des sens, qui varient en fonction de la structure de ce monde et, indirectement, de vos propres signaux envoyés au corps (bougez les yeux, et les signaux sensoriels changeront aussi). Au XIXe siècle, Hermann von Helmholtz a réalisé que la perception – la solution du problème «qu'y a-t-il à l'extérieur» – devait impliquer le cerveau déduisant les causes externes de ses signaux sensoriels. Cela suggère que le cerveau effectue une «déduction bayésienne», terme décrivant la manière dont les convictions sont actualisées à mesure de la découverte de nouvelles preuves. Autrement dit, les données sensorielles arrivantes sont combinées aux «évaluations précédentes» afin de déterminer leurs causes les plus probables correspondant aux perceptions. En même temps, les différences entre signaux prédits et données sensorielles en cours – «erreurs de prédiction» – sont utilisées pour actualiser les évaluations précédentes, les préparant à la série d'entrées sensorielles suivantes. Une interprétation de cette idée – le codage prédictif – dit que l'architecture du cortex est idéale pour la perception bayésienne. Selon cette vision, l'information «bas vers le haut» venant des aires sensorielles comporte des erreurs de prédiction, alors que les signaux «haut vers le bas» des régions cérébrales supérieures véhiculent des prédictions.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Percevoir, c'est croire. Le monde perçu est la meilleure conjecture du cerveau quant aux causes de ses entrées sensorielles.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le théorème de Bayes implique des connexions extrêmement profondes entre perception et imagination. Le théorème exige que le cerveau maintienne un «modèle génératif» des causes de ses entrées sensorielles. Autrement dit, cela signifie que pour percevoir quelque chose, le cerveau doit être capable de générer lui-même les états correspondants, pareils à la perception à partir du «haut vers le bas». Si c'est vrai, cela signifie que chacun de nos modes de perception dépend de nos capacités imaginatives individuelles.

INTELLIGENCE LIÉE

L'ARCHITECTURE BASIQUE DU CERVEAU

LE CERVEAU IMAGINATIF

LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

THOMAS BAYES

1701–1761

Théologien et philosophe britannique. Il a formulé ce qui est devenu un théorème mathématique portant son nom

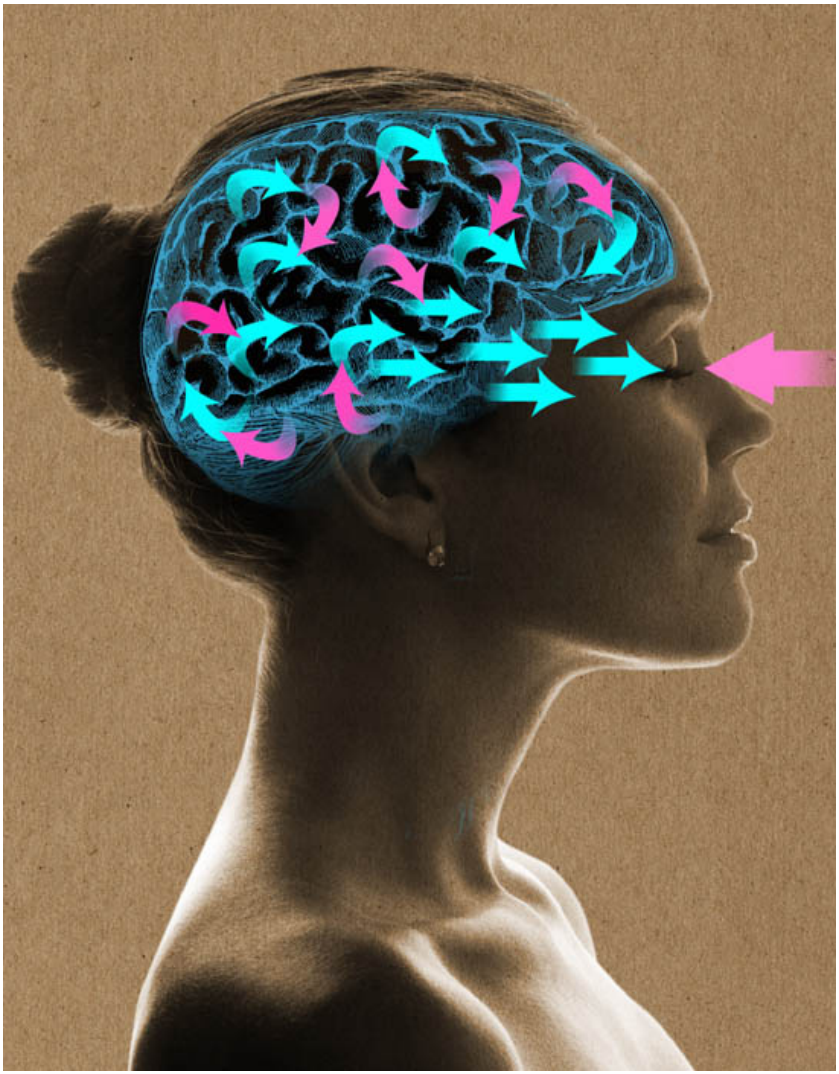
HERMANN VON HELMHOLTZ

1821–1894

Physiologiste et médecin allemand qui a formulé le principe de «perception en tant que déduction». Il a été le premier à mesurer la vitesse des influx électriques dans les nerfs

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Ce n'est pas tant «ce que vous voyez est ce que vous obtenez», que «ce que vous obtenez est ce que vous voyez».

DRESSER LA CARTE DU CERVEAU

Dresser la carte du cerveau

GLOSSAIRE

Connectome Terme inventé par Olaf Sporns. Par analogie avec le génome (la carte des gènes), le connectome est le plan complet– ou le schéma – de toutes les connexions neuronales. Alors que les grandes lignes du connectome humain sont connues, nous sommes encore très loin du déchiffrement de tous ses détails.

Cortex cérébral Terme désignant la matière grise périphérique (appelée ainsi en raison de l'absence de myélinisation qui fait paraître blanches les autres parties du cerveau) des hémisphères cérébraux, plissée par des sillons de profondeurs variables et représentant environ deux tiers du volume global du cerveau. Le cortex cérébral est divisé en lobes (frontal, pariétal, temporal et occipital), chacun ayant des fonctions différentes, dont la perception, la réflexion, le langage, l'action et autres processus cognitifs «supérieurs» tels que la prise de décisions. Ses zones fonctionnelles sont appelées «aires».

Électroencéphalographie (EEG) Technique détectant les infimes variations du champ électrique à la surface du cerveau, produites par l'activité des groupes de neurones dans le cortex sous-jacent. L'EEG a une très bonne résolution dans le temps mais localise relativement peu (en comparaison de l'IRMf) l'activité dans l'espace. Une méthode apparentée – la magnétoencéphalographie (MEG) – mesure les variations du champ magnétique correspondant. La MEG est plus sensible que l'EEG, mais est bien plus complexe et coûteuse.

Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) Cette technologie a révolutionné la neuroscience en permettant de visualiser de manière indirecte l'activité cérébrale et la structure tridimensionnelle du cerveau, utilisant la façon dont les différentes parties du cerveau réagissent aux champs magnétiques intenses. L'IRMf est basée sur la mesure des différences de l'oxygénation du sang qui vont de pair avec l'activité neurale. En comparaison de l'EEG, l'IRMf a une très bonne résolution spatiale mais une faible résolution dans le temps.

Imagerie du tenseur de diffusion (ITD) Technique d'imagerie relativement récente, basée sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM), également appelée IRM par diffusion, qui permet de déterminer la position et l'orientation des faisceaux de matière blanche du cerveau. La méthode repose sur la distribution des directions de diffusion des molécules d'eau.

Lobe frontal Une des quatre divisions principales du cortex cérébral, la plus développée chez l'homme en comparaison d'autres animaux. Le lobe frontal (un pour chaque hémisphère) abrite des zones associées à la prise de décisions, à la planification, à la mémoire, à l'action volontaire et à la personnalité.

Neurones Cellules nerveuses, unité fonctionnelle de base du système nerveux. Les neurones effectuent les opérations basiques du cerveau, recevant les influx nerveux des autres neurones *via* les dendrites, et – en fonction du motif ou de la force de ces influx – renvoyant ou non un influx nerveux. Les neurones présentent différentes variétés mais (presque) tous ont des dendrites, un corps cellulaire (soma) et un seul axone.

Neuropsychologie Discipline qui étudie les fonctions mentales supérieures dans leurs rapports avec les structures cérébrales à partir des observations du comportement et des expériences des patients dont des régions cérébrales spécifiques ont subi des dommages. Par exemple, l'amnésie du patient H.M. après l'endommagement de son hippocampe a permis aux neuropsychologues d'associer l'hippocampe à la mémoire (épisodique).

Phrénologie Popularisée par Franz Gall au XIX^{e} siècle, la phrénologie, pratique maintenant discréditée, déduit la personnalité et les capacités mentales à partir des diverses bosses du crâne. Bien qu'il se soit trompé à ce sujet, Gall avait raison quant au fait que les différentes parties du cerveau effectuent des tâches distinctes, concept qui se trouve à la base de la neuropsychologie moderne et même de l'IRMf.

Réseau du mode par défaut (RMD) Ce réseau est composé de plusieurs régions cérébrales dont l'activité (quand mesurée typiquement par une IRMf) est réduite durant la réalisation d'une tâche orientée vers un but précis et plus active à l'état de repos éveillé, d'introspection ou d'attention dirigée vers l'intérieur. En général, le RMD inclut les parties médianes du lobe préfrontal, les lobes temporaux et le cortex cingulaire_postérieur.

Stimulation magnétique transcrânienne (TMS) Technique où des impulsions magnétiques brèves mais puissantes sont appliquées sur l'encéphale à travers le crâne, modifiant brièvement l'activité des neurones situés dans le champ magnétique. En modifiant l'activité cérébrale dans des régions spécifiques, la TMS permet d'évaluer les lésions provoquées par diverses affections neurologiques. Récemment, la TMS a été associée à l'EEG de sorte à enregistrer les réactions cérébrales et comportementales aux impulsions magnétiques.

NEUROPSYCHOLOCIE

Le Cerveau en 30 secondes

Les premières tentatives hésitantes de cartographier le cerveau ont débuté au XVIIIe siècle avec la phrénologie, pseudoscience qui attribuait les bosses présentes sur le crâne à des traits psychologiques spécifiques. En 1861, en partie pour réfuter la phrénologie, Paul Broca a publié une étude marquante où il présentait un patient, Leborgne, qui comprenait ce qu'on lui disait mais dont la parole était dégradée au point qu'il ne pouvait prononcer qu'une syllabe, «tan». Après sa mort, l'autopsie pratiquée par Broca a découvert des lésions dans une partie du lobe frontal gauche, preuve cruciale du lien entre une fonction et une aire cérébrale précise. Broca a poursuivi ses recherches sur des patients présentant un défaut de langage lié à la même aire endommagée. Un peu plus tard, Carl Wernicke a contribué à l'image globale en utilisant la même méthode pour associer la compréhension du langage à une zone du lobe temporal gauche. Ces cas ont contribué à la naissance d'une nouvelle science, la neuropsychologie, qui examinait les patients présentant des dommages cérébraux afin de déterminer les régions cruciales pour une fonction donnée. Au fil de ces cent cinquante dernières années, d'innombrables patients de ce genre ont permis de reconstruire l'image d'un cerveau aux nombreuses sous-unités spécialisées, chacune remplissant un rôle précis quant à nos pensées et à nos sentiments.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les patients ayant subi un dommage cérébral débouchant sur un trouble mental ont permis à la science de lier fonctions et aires cérébrales.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

La neuropsychologie a toujours été une affaire compliquée. Par exemple, le dommage cérébral crée rarement une lésion nette, permettant parfois aux régions intactes de reprendre une fonction donnée de la zone endommagée. Pendant des décennies, elle a été le principal outil de cartographie du cerveau. Actuellement, la neuropsychologie est devenue quelque peu obsolète, les techniques modernes d'imagerie, comme les IRMf, étant capables de trouver dans l'ensemble du cerveau les liens à une fonction spécifique (chez des sujets en bonne santé).

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

IMAGERIE CÉRÉBRALE

STIMULATION CÉRÉBRALE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

PAUL BROCA

1824–1880

Découvreur de l'aire de production du langage

CARL WERNICKE

1848–1905

Découvreur de l'aire de compréhension verbale

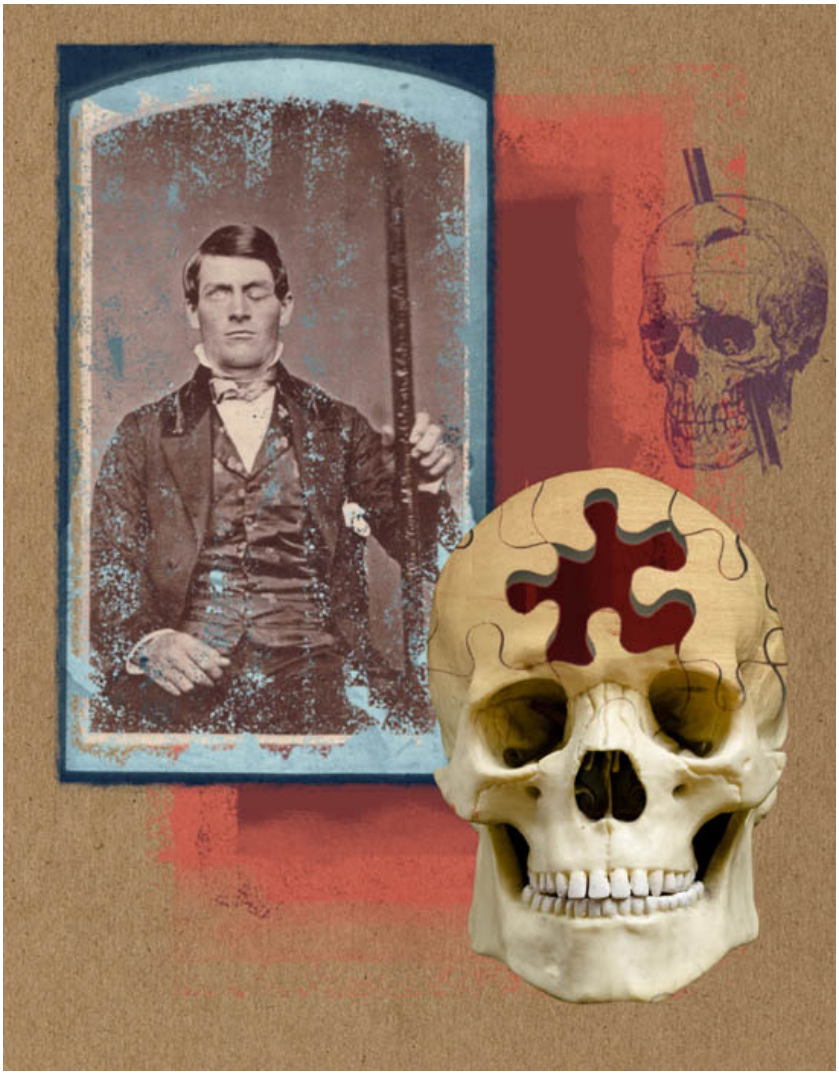
ALEXANDRE LOURIA

1902–1977

Père de la neuropsychologie moderne

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Phineas Gage et la barre à mine qui a traversé son cerveau, le laissant vivant, mais modifiant son esprit.

IMAGERIE CÉRÉBRALE

Le Cerveau en 30 secondes

Tout comme l'astronomie et la biologie ont été révolutionnées par le télescope et le microscope, la neuroscience a été bouleversée par l'imagerie cérébrale. Certaines technologies, comme l'imagerie par résonance magnétique (IRM), ont révélé de manière non invasive la structure tridimensionnelle du cerveau. Ces scanners ont permis d'explorer l'architecture du cerveau et la manière dont son anatomie diffère d'un individu à un autre, offrant des outils cliniques de détection des divers dommages cérébraux. L'imagerie du tenseur de diffusion (ITD), plus récente, fournit une carte tridimensionnelle des principales connexions entre les zones cérébrales. La neuroscience a réellement été révolutionnée par les technologies observant l'activité cérébrale. L'électroencéphalographie (EEG) y a joué un rôle considérable en révélant la variation de l'activité électrique cérébrale, une milliseconde après une autre, au fil de l'exécution d'une tâche ou du passage par diverses phases de sommeil. Toutefois, l'EEG n'est pas très bonne pour déterminer les fonctions des zones cérébrales spécifiques. De loin la technologie d'imagerie dominante de ces deux dernières décennies, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) localise avec une précision de quelques millimètres, en quelques secondes, les changements de l'activité neuronale. Cela a énormément amélioré la compréhension du rôle fonctionnel de chaque zone cérébrale et de la manière dont elles collaborent pour étayer les processus mentaux.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'imagerie cérébrale permet d'étudier précisément, de manière non invasive, la forme, les connexions et le fonctionnement du cerveau.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'IRMf commence à être utilisée comme un outil permettant de lire l'esprit. À ce jour, cela permet surtout d'étudier la réaction du cerveau lorsqu'on présente à un individu une photo, une vidéo ou des mots. De nouvelles méthodes reconstruisent la perception en déchiffrant l'activité du cortex visuel et en en générant une image floue. Il est extrêmement excitant d'imaginer jusqu'où cette forme de télépathie technologique progressera à l'avenir.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

NEUROPSYCHOLOGIE

ÉTAT DE REPOS

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

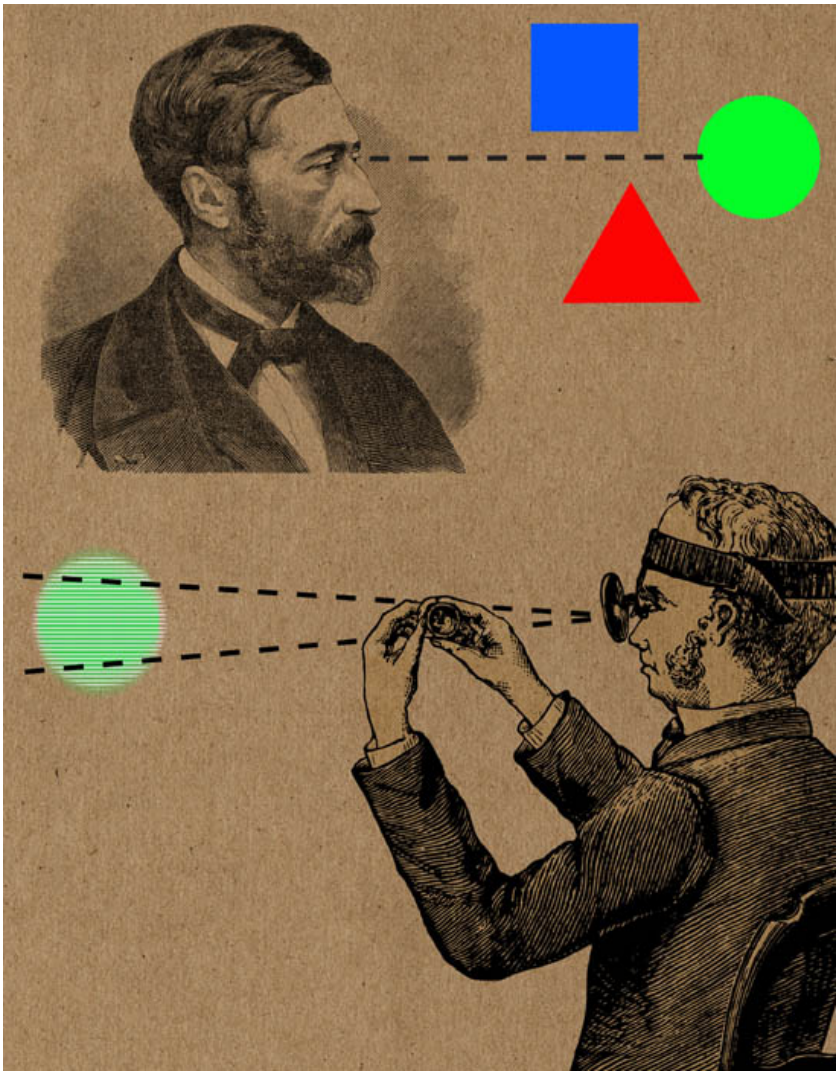
HANS BERGER
1873–1941
Pionnier de l'EEG

PAUL LAUTERBUR
1929–2007
Pionnier de l'IRM

PETER MANSFIELD
1933–
Pionnier de l'IRM

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Les autres peuvent lire dans vos pensées. Établissez les frontières de votre intimité en ne pensant qu'aux couleurs primaires et à des formes géométriques simples.

CONNECTOME HUMAIN

Le Cerveau en 30 secondes

Quel que soit le niveau examiné, depuis les axones microscopiques d'une poignée de neurones jusqu'aux fibres de l'épaisseur d'un doigt qui connectent des régions majeures du cortex, le cerveau est essentiellement structuré comme un réseau. Le plan complet de ces connexions neuronales est le connectome. Divers projets ambitieux à grande échelle commencent à le reconstruire depuis des perspectives différentes. À échelle microscopique, une bonne partie implique le travail méticuleux sur d'infimes coupes anatomiques. À échelle «macroscopique», les méthodes incluent l'ITD (Voir ici), qui crée de manière non invasive une image des principales voies du cerveau. Un défi particulier de ce projet global est de lier les différentes techniques pour créer une image d'ensemble des connexions cérébrales. Bien que l'activité de nos milliards de neurones façonne en essence notre monde mental, de concert avec la chimie cérébrale et la génétique, beaucoup de neuroscientifiques pensent maintenant que cette structure en réseau est la plus importante. En cartographiant le connectome humain et en explorant les différences entre individus, on espère trouver des indices vitaux quant à nos pensées, à la nature des maladies psychiatriques et, finalement, à qui nous sommes en tant qu'êtres doués de réflexion.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le connectome humain est le plan complet des 600 trillions de connexions cérébrales. Il faudra des décennies pour compléter ce projet.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Selon certains, révéler la structure du cerveau humain apportera moins d'indices qu'attendu, spécialement parce que toute connexion varie en permanence à mesure que d'autres connexions se développent ou meurent. La reconstruction de toutes les connexions neuronales et synaptiques du nématode, *Caenorhabditis elegans*, a été achevée. Avec un cerveau formé de seulement 302 neurones, c'est l'un des animaux les plus simples, pourtant beaucoup de ses caractéristiques comportementales restent encore un mystère.

INTELLIGENCE LIÉE

RÉSEAUX NEURONAUX

IMAGERIE CÉRÉBRALE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

DAVID VAN ESSEN

1945–

Leader du projet du connectome humain et pionnier de la neuroanatomie

CORNELIA BARGMANN

1961–

Neurobiologiste américaine connue pour son travail sur *C. elegans*

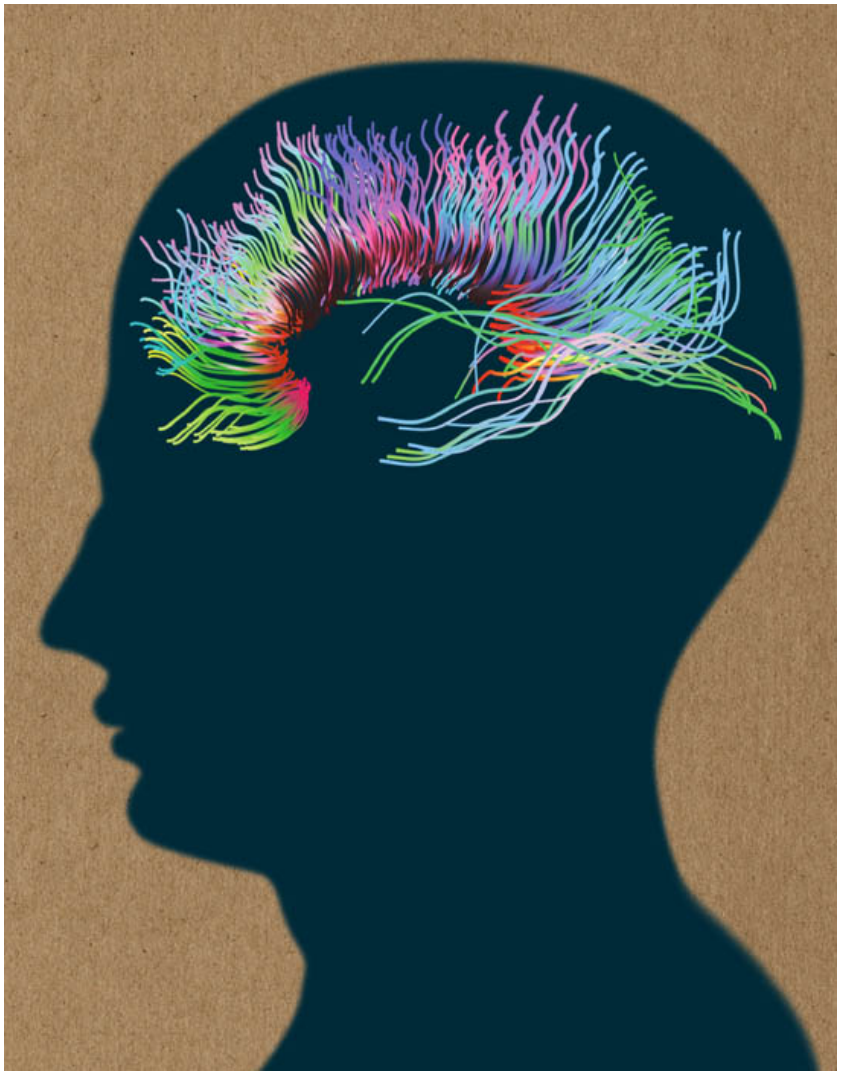
OLAF SPORNS

1963–

Scientifique allemand, inventeur du terme «connectome»

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



High-tech dans la tête. Une représentation bidimensionnelle d'une ITD tridimensionnelle de certains des 600 trillions de fils qui font fonctionner votre cerveau.

OPTOGÉNÉTIQUE

Le Cerveau en 30 secondes

En 1979, Francis Crick, codécouvreur de l'ADN, a mentionné quelques idées «bizarres» à propos des neurones, suggérant que les propriétés de la lumière pouvaient servir d'outil de contrôle en neuroscience. Il aurait dû avoir plus confiance en son propre domaine. En 2005, Karl Deisseroth et ses collègues ont utilisé un virus pour introduire un gène sensible à la lumière, tiré d'algues unicellulaires, dans les neurones d'un rat. Exposés à une lumière bleue, les neurones s'activaient. Un autre gène, cette fois-ci provenant d'une bactérie, introduit de manière similaire, les désactivait à chaque fois qu'une lumière verte éclairait le rat. Actuellement, des centaines de laboratoires du monde entier utilisent avec une maîtrise sans précédent des techniques similaires pour étudier le fonctionnement du cerveau. Parfois, la lumière est dirigée sur le crâne, mais d'habitude une minuscule fibre optique est implantée dans le cerveau. Cette technique contribue à l'amélioration de la performance cognitive – Wim Vanduffel et ses collègues ont récemment modifié une région des lobes frontaux de deux singes pour permettre une activation élargie par la lumière. Lorsqu'une lumière bleue a activé cette région, les singes se sont montrés plus rapides lorsqu'il fallait trouver un objet. En plus d'être l'une des techniques neuroscientifiques récentes les plus novatrices, l'optogénétique montre de grandes promesses en tant que futur outil clinique.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'optogénétique modifie génétiquement des neurones, les rendant sensibles à la lumière, qui les active et les désactive.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Et si vous arriviez à apaiser immédiatement une tempête de neurones épileptiques suractifs, simplement en allumant une lampe? Ou si vous preniez des cellules dormantes de contrôle du mouvement, qui imposent d'énormes efforts aux malades de Parkinson pour le moindre geste, et les revigoriez avec une micro-torche implantée? Même si des problèmes importants de sécurité restent à régler avant les essais sur l'homme, les applications potentielles pour une large gamme d'affections psychiques et neurologiques sont extraordinaires.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

NEUROPSYCHOLOGIE

IMAGERIE CÉRÉBRALE

STIMULATION CÉRÉBRALE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

FRANCIS CRICK

1916–2004

Premier scientifique à suggérer l'optogénétique en tant que technique

KARL DEISSEROTH

1971–

Chef de file et pionnier de la technique optogénétique

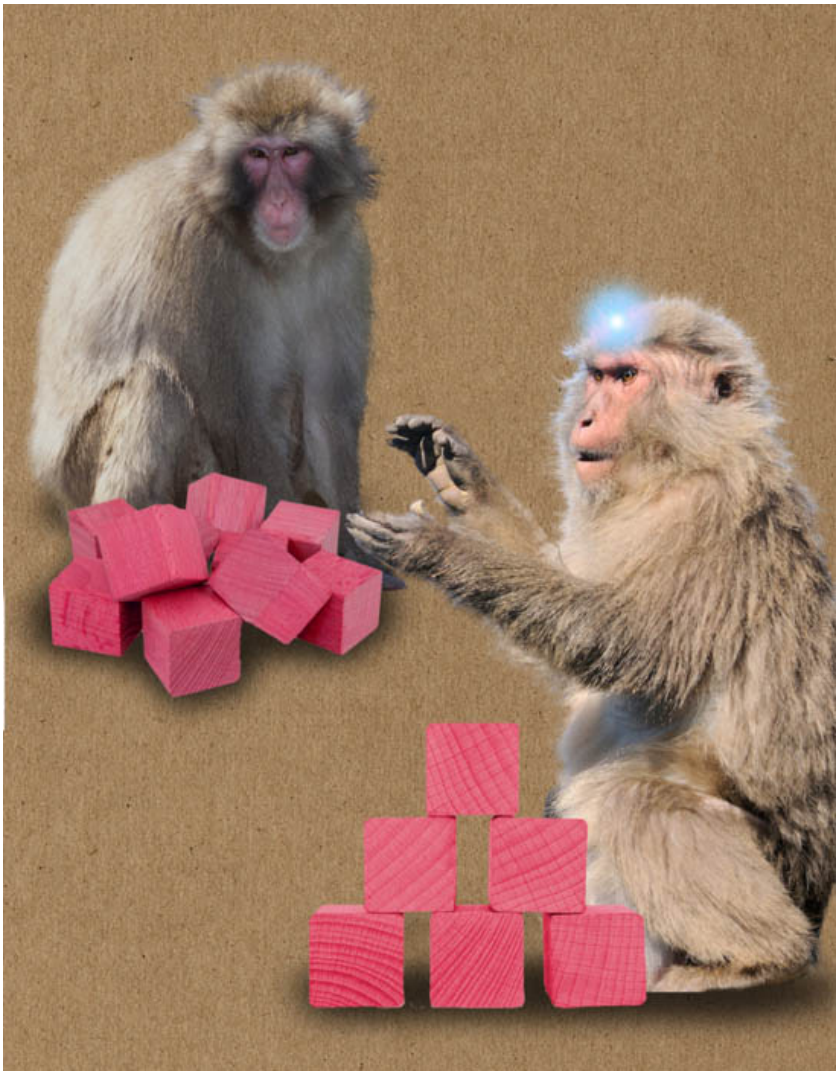
ED BOYDEN

1979–

Collaborateur de Deisseroth

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Vous connaissez ce moment où la lumière se fait dans votre esprit? Peut-être que ce n'est pas seulement une métaphore.

WILDER PENFIELD

Pionnier de la neurochirurgie et probablement la personnalité de la neuroscience la plus portée sur la réussite de son équipe plutôt que sur la sienne, Wilder Penfield est né aux États-Unis et a grandi à Hudson, dans le Wisconsin, avant d'obtenir la citoyenneté canadienne en 1934. Étoile de football américain à Princeton (afin d'obtenir une bourse Rhodes, dont l'attribution dépendait d'un mélange de capacités sportives et de prouesse intellectuelle), il a passé une année après son diplôme comme entraîneur de football afin de financer la poursuite de ses études. Le travail et l'entraînement ont payé: en 1914, Penfield a reçu une bourse Rhodes au Merton College d'Oxford (Angleterre). Là, il a étudié avec le neurophysiologiste Charles Sherrington, qui lui a ouvert les portes de la neuroscience, domaine où il y avait beaucoup à explorer.

À son retour aux États-Unis, Penfield a commencé sa carrière de neurochirurgien, pensant qu'il pourrait mieux étudier les fonctions et les secrets du cerveau humain s'il en avait un sous son scalpel. Penfield avait un fort esprit d'équipe et un penchant pour le caritatif, apparemment instillés par sa mère. Au lieu de travailler seul, il a envisagé un institut où les neuroscientifiques venant de divers horizons pourraient travailler, faire des recherches et apprendre ensemble, partageant leurs découvertes pour le bien de l'humanité. Comme à l'époque ses idées ont été froidement reçues à New York, il s'est installé à la Faculté de médecine de l'université McGill de Montréal, au Canada, d'où il a poursuivi avec énergie la collecte de fonds, obtenant une subvention de la fondation Rockefeller. En 1934, il a fondé l'Institut de neurologie de Montréal, centre de recherches neuroscientifiques.

C'est là que Penfield a réalisé les études des patients épileptiques qui ont inscrit son nom dans l'histoire. Sa méthode consistait à opérer les patients pour exciser les neurones déclenchant les crises d'épilepsie. Les opérations se déroulaient sous anesthésie locale, ce qui permettait de questionner les patients durant l'intervention. Ceux-ci pouvaient ainsi rapporter leurs sentiments et sensations lorsque différentes parties du cerveau étaient stimulées. Grâce à ces informations de première main, Penfield a pu dresser des cartes préliminaires du cerveau, établissant le principe de latéralisation cérébrale et posant les bases de la cartographie future du cerveau. L'«homuncule» stylisé qu'il a réalisé avec son collègue Herbert Jasper, où la taille de chaque partie du corps reflète le nombre de nerfs qui le desservent, est encore utilisé à ce jour.

26 janvier 1891
Naît à Spokane (Washington, États-Unis)

1899
S'installe avec sa famille à Hudson, dans le Wisconsin, région natale de sa mère

1913
Diplômé de Princeton

1914–1916
Boursier Rhodes au Merton College d'Oxford (Angleterre); étudie la neuropathologie avec Charles Sherrington

1918
Doctorat en médecine de l'université Johns Hopkins; fait son apprentissage avec le neurochirurgien Harvey Cushing à Boston (Massachusetts)

1919
Dernière année à Oxford en tant que boursier Rhodes, suivie par des études en Europe

1921
Retour aux États-Unis pour devenir chirurgien associé à l'université Columbia

1928
Rejoint la Faculté de médecine de l'université McGill

1934
Collecte des fonds, fonde l'Institut de neurologie de Montréal (INM) (dans le cadre de l'université McGill), dont il devient le directeur

1934
Devient citoyen canadien

1951
Écrit, avec Herbert Jasper, *Epilepsy and the Functional Anatomy of the Human Brain*

1954
Prend sa retraite de la Faculté de médecine de McGill, mais reste directeur de l'INM.

1960
Reçoit la médaille Lister pour ses contributions à la science chirurgicale

5 avril 1976
Décède à Montréal (Canada)

ÉTAT DE REPOS

Le Cerveau en 30 secondes

Lors des expériences d'imagerie fonctionnelle du cerveau, la pratique standard est de confier à un volontaire une tâche ardue à effectuer pendant qu'il passe un scanner, et d'associer les exigences de la tâche aux parties de son cerveau qui s'activent visiblement. Mais que se passe-t-il entre ces périodes d'effort? On pourrait s'attendre à ce que l'activité cérébrale chute spectaculairement et que des modèles aléatoires d'activation s'ensuivent. La première indication quant à l'erreur de telles suppositions a été obtenue au début des années 2000 par Marcus Raichle, qui a découvert l'existence d'un groupe de régions cérébrales (appelé réseau du mode par défaut) dont l'activité cesse quand on se concentre sur l'exécution d'une tâche, mais qui se réactivent quand on se «tourne les pouces» mentalement. À peu près à la même époque, en réalisant des scanners sur des sujets en train de se reposer, Michael Greicius a découvert la même série de régions. Cette étonnante découverte concernant l'activité cérébrale est en quelque sorte l'«énergie noire» de la neuroscience. Les chercheurs travaillent encore sur sa formulation. On pense, entre autres, que ce pourrait être la signature neuronale de la rêvasserie. Curieusement, les anomalies du réseau du mode par défaut sont associées à toute une série de troubles. Il se peut donc que ce passe-temps apparemment ordinaire soit bien plus important qu'on le croyait initialement.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Sans rien à faire, le cerveau est presque aussi actif que la normale, mais une série de régions «par défaut» s'activent à la place de celles liées à la tâche.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le réseau du mode par défaut est subtilement défini par l'activité coordonnée d'une série d'aires corticales situées surtout le long de la «ligne de milieu corticale» – où les hémisphères du cerveau sont en contact. Un mode par défaut correct prend des années à émerger dans la petite enfance; le vieillissement le perturbe. D'autres preuves de l'importance du réseau du mode par défaut viennent de son rôle supposé le plus prometteur, celui de la rêvasserie, qui a été lié à l'intuition et à la créativité.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

IMAGERIE CÉRÉBRALE

LE CERVEAU VIEILLISSANT

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

MARCUS RAICHLE

1937–

Découvreur du réseau du mode par défaut

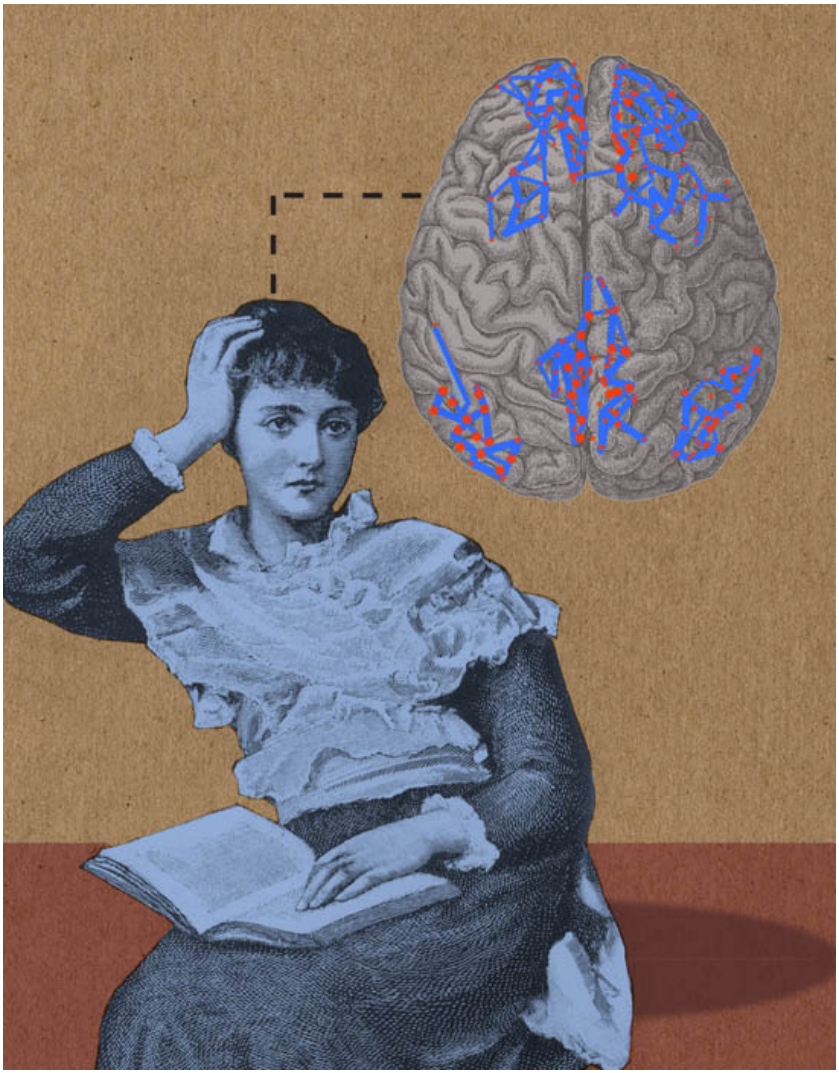
MICHAEL GREICIUS

1969–

Pionnier des études sur l'état de repos

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Fainéants, réjouissezvous! Le cerveau travaille presque aussi dur quand vous regardez dans le vide qu'il le fait quand vous avez l'air affairé.

CERVEAU GAUCHE CONTRE CERVEAU DROIT

Le Cerveau en 30 secondes

En regardant un cerveau humain, l'une de ses caractéristiques les plus évidentes est le sillon qui court le long de son centre d'avant en arrière, le divisant en deux hémisphères distincts. Bien qu'en majeure partie anatomiquement symétriques, ils ne fonctionnent pas de la même manière. Des médecins du XIXe siècle, comme Paul Broca, s'en sont aperçus, car les patients présentant un dommage du côté gauche étaient bien plus susceptibles de montrer des troubles du langage que ceux présentant des dommages du côté droit. L'intérêt pour ces questions a connu un renouveau dans les années 1960, quand Roger Sperry et d'autres se sont mis à étudier les patients présentant un «cerveau dédoublé», chez qui le faisceau épais de nerfs connectant les hémisphères avait été coupé afin de traiter une épilepsie grave. Les tests ont montré que dans ces cas, les hémisphères pouvaient opérer indépendamment et montraient des forces et des faiblesses différentes. Une simplification excessive tient l'hémisphère gauche pour froid et logique, le droit, pour émotif et créatif. En dehors des patients présentant un «cerveau dédoublé», les hémisphères cérébraux fonctionnent de concert chez la plupart des gens. Au lieu d'assigner des tâches à un côté ou à l'autre, les hémisphères appliquent typiquement un style de traitement différent aux mêmes tâches. Alors que l'hémisphère gauche est dominant pour le langage, le droit a des fonctions verbales propres, dont la reconnaissance de l'intonation.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les deux hémisphères travaillent différemment; la notion de côté droit créatif et de gauche logique est une simplification extrême.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Toute une industrie d'applications et d'édition s'est développée autour de l'idée de déverrouiller le potentiel créatif de l'hémisphère droit. Il y a des preuves de la créativité de l'hémisphère droit, pourtant l'hémisphère gauche est lui aussi créatif à sa manière. Le travail avec les patients présentant un «cerveau dédoublé» a révélé le «phénomène de l'interprète» – la manière dont l'hémisphère gauche raconte très bien des histoires expliquant ce que fait la main gauche (contrôlée par l'hémisphère droit).

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

NEUROPSYCHOLOGIE

LE CERVEAU LINGUISTIQUE

PAUL BROCA

ROGER SPERRY

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

ROGER SPERRY

1913–1994

Prix Nobel pour son travail avec les patients présentant un «cerveau dédoublé»

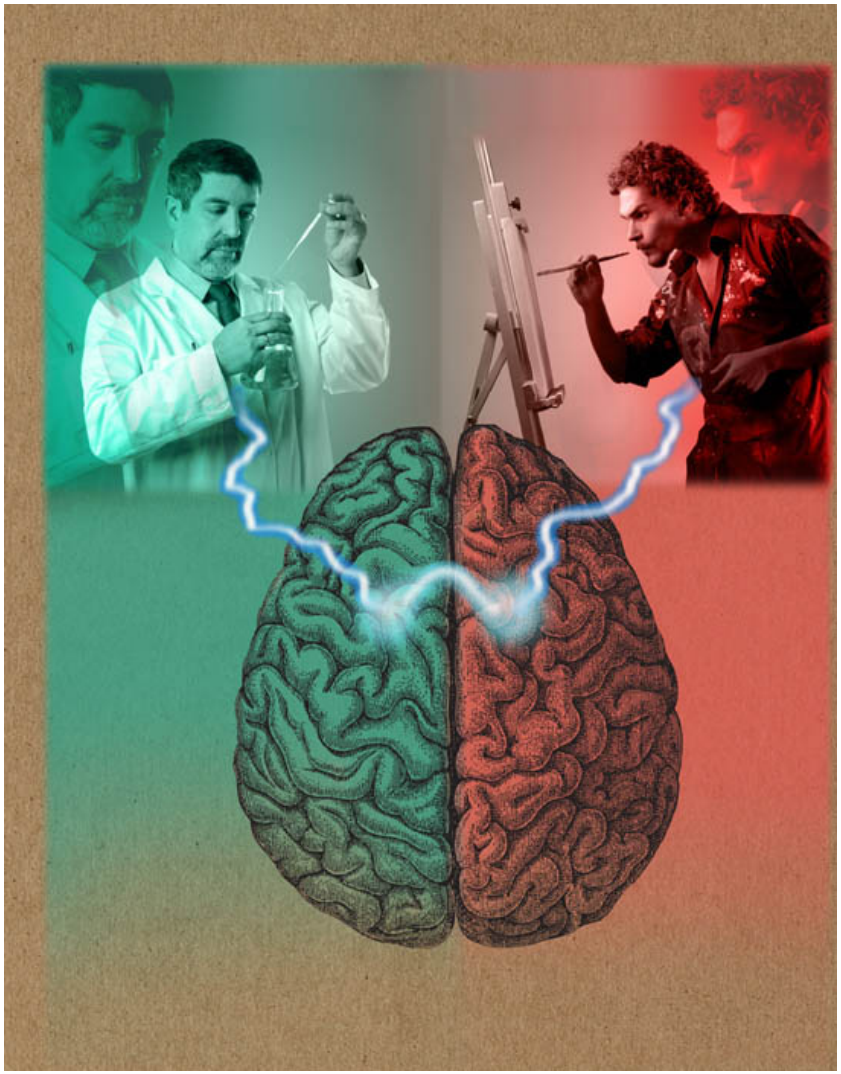
MICHAEL GAZZANIGA

1939–

Pionnier des expériences sur le «cerveau dédoublé» après une formation avec Sperry

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett



Geeks à ma gauche, créatifs à ma droite! Où cela laisse-t-il Léonard de Vinci?

STIMULATION CÉRÉBRALE

Le Cerveau en 30 secondes

Wilder Penfield, l'un des plus influents neurochirurgiens du XXe siècle (voir ici et ici), opérait les patients souffrant d'une épilepsie grave sous anesthésie locale (opérer sur le cerveau ne suscite pas de douleur). Afin de minimiser le volume de tissu cérébral à exciser, il prônait l'utilisation d'une sonde électrique pour stimuler les neurones et déterminer plus précisément s'ils faisaient partie de l'anomalie provoquant les crises. Il a rapidement découvert que cette méthode convenait aussi pour cartographier les fonctions des différentes zones cérébrales. Il a montré, par exemple, que la stimulation d'un seul neurone des lobes temporaux réactivait des souvenirs complets chez le patient. La stimulation magnétique transcrânienne (TMS) est le successeur moderne de cette technique. La TMS est une procédure non invasive qui utilise une brève impulsion magnétique sur le cuir chevelu pour stimuler la région corticale sous-jacente (en gros, un carré d'environ 2,50 cm de côté), ce qui intensifie, ou plus habituellement, supprime, son activité. Si les volontaires exécutent une tâche mieux ou moins bien après la TMS d'une région cérébrale spécifique, cela montre que cette région-là est liée au processus correspondant. La TMS est devenue par conséquent un outil supplémentaire pour cartographier les fonctions du cerveau.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Stimulés de façon électromagnétique, les neurones d'aires spécifiques peuvent induire des changements de pensée, de perception, d'attitude.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Wilder Penfield a aussi découvert qu'en stimulant un neurone on peut faire croire au patient que sa joue droite a été touchée; en stimulant un autre, on peut faire tressauter son pouce gauche. En répétant les stimulations, il a constaté que les aires motrice et sensorielle forment une carte très ordonnée où, par exemple, les mouvements de la langue sont contrôlés par la section corticale externe inférieure. Cet arrangement, largement le même pour tous, est l'un des meilleurs exemples corticaux de localisation d'une fonction.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

NEUROPSYCHOLOGIE

IMAGERIE CÉRÉBRALE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

WILDER PENFIELD

1891–1976

Pionnier de la stimulation cérébrale; a dressé des cartes neuronales détaillées, sensorielle et motrice

ANTHONY BARKER

1950–

Premier à utiliser la TMS pour la recherche scientifique

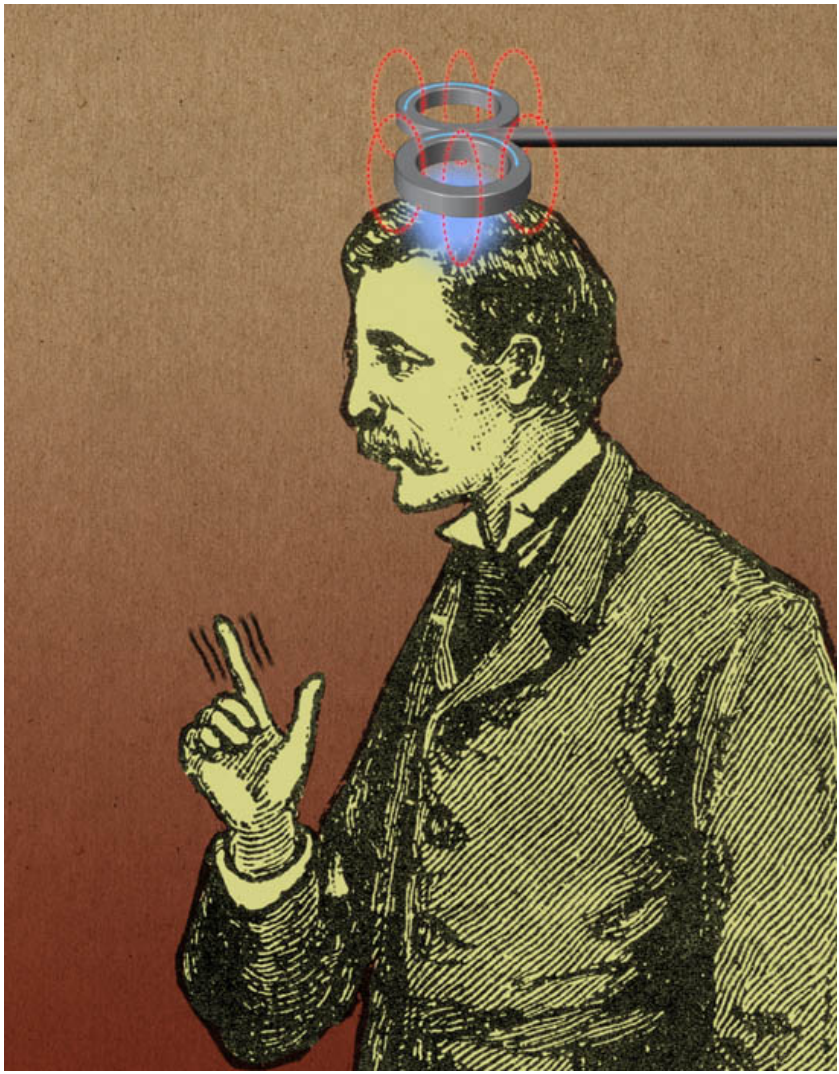
JOHN ROTHWELL

1954–

Inventeur de la technique moderne de la TMS et pionnier de son utilisation pour l'étude de la connectivité corticale

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Toute cette stimulation cérébrale risque de rendre un mec un peu nerveux.

CONSCIENCE

CONSCIENCE

GLOSSAIRE

Aire motrice supplémentaire Partie du lobe frontal qui coordonne et planifie les gestes complexes impliquant une séquence de mouvements ou la coordination des membres; possible source neurale du potentiel de préparation motrice. La stimulation électrique directe de cette région induit l'envie de faire un mouvement.

Coma Trouble majeur de la conscience, état le plus proche de la mort cérébrale précédant la mort proprement dite. Les patients comateux ne montrent aucun signe de vigilance ou de conscience. L'activité cérébrale est très réduite et en quelque sorte similaire à celle observée durant une anesthésie générale.

Corrélat(s) neuronaux de la conscience Définis par Francis Crick et Christof Koch comme étant «les mécanismes neuronaux minimes conjointement suffisants pour une perception spécifique». Leur quête représente encore l'approche dominante de la conscience en neuroscience.

État végétatif Trouble majeur de la conscience suivant une lésion cérébrale grave. Les patients dans cet état semblent éveillés, mais pas conscients. Cet état végétatif est appelé «persistant» lorsqu'il dure plus d'une année. L'état est distinct du coma, où les patients ne montrent aucun signe de vigilance ou de conscience, et de l'«état de conscience minime», où les patients montrent des signes brefs et passagers de conscience.

Neurotransmetteurs Composés chimiques libérés par les neurones (et parfois par les cellules gliales) et agissant sur d'autres neurones. Les neurotransmetteurs permettent la communication entre neurones au niveau des synapses en traversant l'espace synaptique («fente synaptique») entre l'axone d'un neurone et la dendrite d'un autre lors de l'arrivée d'un influx nerveux. Il y a plusieurs variétés de neurotransmetteurs, mais ils peuvent être partagés en deux grands groupes, les transmetteurs de l'excitation et les transmetteurs de l'inhibition.

Phénomène autoscopique Phénomène hallucinatoire où le sujet visualise son double à partir de son propre corps, à la différence d'une sortie hors du corps, définie comme une dissociation entre l'esprit et le corps physique, l'esprit pouvant librement explorer l'espace environnant. Dans l'héautoscopie, il est difficile pour le sujet de dire s'il est décorporé ou non, et où se situe le centre de sa conscience.

Potentiel de préparation motrice Signal électrique montant lentement dans le cerveau – détectable en utilisant l'EEG – qui semble précéder les décisions

d'effectuer des actions. La controverse fait rage quant à savoir si l'existence de ce potentiel met en doute la notion de «libre arbitre».

Qualia Terme philosophique désignant des propriétés de la perception et de l'expérience sensible – la rougeur du ciel au crépuscule, le son d'une cloche, la chaleur d'un feu de bois, etc. Les qualia sont simplement «la manière dont les choses paraissent».

Réseau pariétal préfrontal Réseau comprenant les aires corticales préfrontale et pariétale, impliquées dans l'intégration sensorielle, l'attention et les fonctions cognitives supérieures. Le réseau pariétal préfrontal est souvent associé à la conscience, spécialement dans la théorie de l'espace de travail global.

Rivalité binoculaire Appelée aussi antagonisme binoculaire, c'est un phénomène de perception visuelle où la perception alterne entre les images différentes (incompatibles) présentées à chaque œil. Comme l'entrée sensorielle reste constante, l'examen de l'activité neurale durant la rivalité binoculaire contribue à l'étude de la base cérébrale de la conscience.

Sommeil paradoxal (REM) Phase du sommeil où les yeux (bien que fermés) bougent rapidement. Le sommeil paradoxal couvre environ un quart du sommeil nocturne et intervient vers le matin. Les rêves sont plus habituellement associés au sommeil paradoxal, mais peuvent aussi se produire durant d'autres phases du sommeil.

Théorie de l'espace de travail global Théorie proposant que le contenu du mental (perceptions, pensées, actions) devient conscient lorsqu'il gagne l'accès à un «espace de travail global» comprenant l'ensemble du cerveau, qui lui permet d'être utilisé avec souplesse pour le contrôle du comportement.

Théorie de l'information intégrée (TII) Théorie mathématique proposant que les expériences conscientes émergent de l'intégration de grands volumes d'information par le cerveau.

LE PROBLÈME DIFFICILE

Le Cerveau en 30 secondes

Pourquoi tout processus physique, comme ceux prenant place dans le cerveau, est-il accompagné par l'expérience consciente? C'est le «problème difficile de la conscience», qu'il ne faut pas confondre avec le «problème facile» expliquant le fonctionnement du cerveau. Le problème difficile nous accompagne depuis des siècles – les premiers penseurs «dualistes» tels que Descartes divisaient l'univers en «substances mentales» et «substances matérielles» –, mais c'est seulement dans les années 1990 que le philosophe David Chalmers a inventé à proprement parler ce terme. Les zombies – philosophiques – dépendent aussi du problème difficile. Un zombie philosophique (bien différent du type hollywoodien) est indifférenciable d'une personne réelle quant à son comportement, pourtant il n'enferme pas d'expérience consciente. Tous les philosophes n'adhèrent pas à la notion de «problème difficile». Daniel Dennett argue que la conscience est mieux définie en termes de la fonction qu'elle étaie et non en termes d'essence brute de l'expérience («qualia»). De ce point de vue, nul ne sait à quoi sert réellement la conscience. Pour certains, le «problème difficile» empêchera toujours de comprendre scientifiquement la conscience, mais cette idée peut être arbitrairement pessimiste. Il se pourrait qu'en résolvant les problèmes «faciles» posés par le cerveau, le «problème difficile» disparaisse.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Comment l'eau du cerveau génère-t-elle le vin de la conscience? Nul ne le sait encore.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Certains établissent un parallèle entre le «problème difficile» et le débat sur le vitalisme de l'histoire de la biologie. Il n'y a pas si longtemps, il semblait inconcevable qu'un ensemble de processus biologiques puisse générer la «vie» sans une quelconque force vitale ou «essence vitale» additionnelle. Actuellement, nous sommes bien plus à l'aise avec l'idée de vie émergeant de la matière, même si beaucoup reste encore à comprendre. Peut-être que la même chose se passera pour la conscience.

INTELLIGENCE LIÉE

CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

CONSCIENCE & INTÉGRATION

LE CERVEAU ANESTHÉSIÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

RENÉ DESCARTES

1596–1650

Philosophe français, fondateur du dualisme, découvreur – ou inventeur – du problème difficile

DANIEL DENNETT

1942–

Auteur de *La Conscience expliquée*

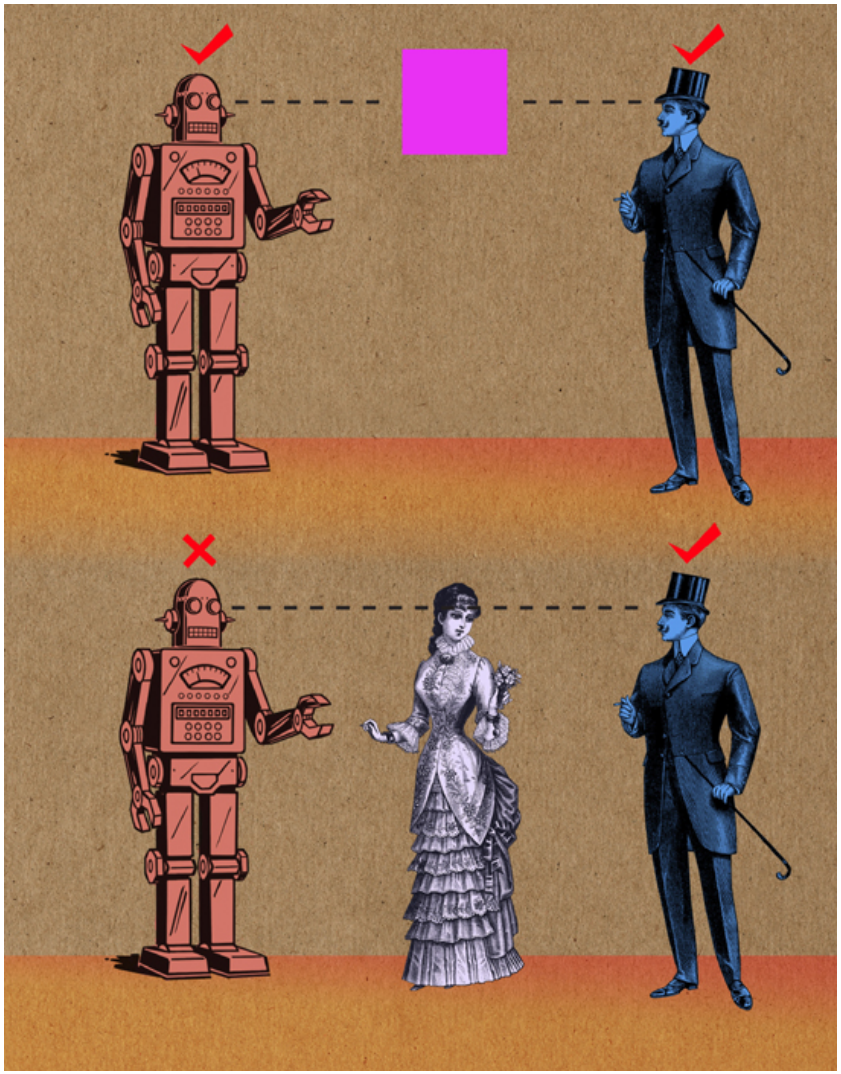
DAVID CHALMERS

1966–

Inventeur du terme «problème difficile»

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Les deux ont des circuits neuronaux exemplaires et un revenu régulier, mais un seul a une conscience.

SOMMEIL & RÊVE

Le Cerveau en 30 secondes

Nous passons environ un tiers de notre vie à dormir et, quand nous ne rêvons pas, nous sommes complètement inconscients. Même l'humble drosophile dort, alors que chez certaines créatures, comme les dauphins, seule la moitié du cerveau dort tour à tour. Le sommeil est important. Une nuit sans sommeil laisse des traces le lendemain; une privation de sommeil trop longue provoque la mort. À mesure de l'endormissement, l'activité électrique rapide présente à l'état de veille s'estompe et des ondes lentes et profondes commencent à traverser le cortex. La plupart des entrées sensorielles sont bloquées et les signaux nerveux vers les muscles sont interrompus, nous empêchant de mimer nos rêves. Malgré cela, le cerveau reste presque aussi actif qu'à l'état de veille. Le sommeil est d'habitude divisé en trois phases de plus en plus profondes, plus le sommeil paradoxal où l'activité cérébrale est similaire à celle à l'état de veille et où prennent place la plupart des rêves. Il existe de nombreuses théories sur les raisons du sommeil. D'après nombre de chercheurs, le sommeil aide à consolider les souvenirs de la journée. Selon d'autres, il rééquilibre les neurotransmetteurs. Les rêves sont encore plus mystérieux. Pour Freud, ils représentaient l'accomplissement des désirs du subconscient. Une théorie plus récente prône qu'ils sont simplement la manière qu'a le cerveau de saisir la signification de sa propre activité lorsqu'il est coupé du monde.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le sommeil est la façon du cerveau de gérer la veille.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

La conscience onirique est différente de la conscience normale. Lorsque nous rêvons, nous acceptons plus facilement les événements bizarres, montrons une conscience de nous-mêmes réduite et, généralement, ne faisons pas preuve de volonté. Cela peut être lié à l'activité réduite du cortex préfrontal durant le rêve. Et le rêve n'est pas limité au sommeil paradoxal – les rêves interviennent aussi après le réveil d'un premier sommeil à «ondes lentes», bien qu'ils soient relativement statiques, images instantanées manquant d'ordinaire de caractère «personnel».

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU QUI OSCILLE

LE CERVEAU ANESTHÉSIÉ

LE CERVEAU IMAGINATIF

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

SIGMUND FREUD

1856–1939

Psychiatre autrichien, auteur de la théorie prônant que les rêves représentent des désirs inconscients inaccomplis

ALLEN HOBSON

1933–

Psychiatre américain connu pour sa théorie des rêves selon le modèle AIM, «activation entrée-sortie modulation»

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth

Le sommeil donne à votre cerveau la chance de mettre à jour son travail administratif, de s'amuser des événements du jour et de profiter d'un peu de temps personnel.

FRANCIS CRICK

Probablement plus connu comme colauréat du prix Nobel dans le cadre de son partenariat avec Watson, le couple Lennon et McCartney de la biologie moléculaire, Francis Crick s'est suffisamment illustré dans sa carrière de théoricien scientifique pour concurrencer une douzaine de grands esprits. Effectivement, les fils de ses intérêts sont étroitement entretissés, comme les brins de l'hélice de l'ADN. D'énormes bouleversements, tant intellectuels que géographiques, ont caractérisé sa vie. Son œuvre est une combinaison exaltante de travail ardu et de bonds inspirants de l'imagination, accompagnés d'incursions occasionnelles dans des domaines plus controversés, comme la théorie de la panspermie et l'eugénisme. Au contraire d'un universitaire enfermé dans sa tour d'ivoire, il considérait que la théorie scientifique ne peut pas être développée isolément de l'expérience humaine. Souhaitant populariser la science, il a rédigé plusieurs livres expliquant des concepts difficiles aux lecteurs manquant de formation scientifique.

Crick a débuté sa vie académique à l'University College de Londres en tant que physicien, avant de passer à la biologie en 1947, obtenant un doctorat à Cambridge, puis s'intéressant à la génétique. Après trente ans de carrière à Cambridge, il a changé une fois de plus de direction, s'installant au Salk Institute for Biological Research de La Jolla (Californie, États-Unis), s'intéressant à la neuroanatomie et se concentrant sur la neuroscience théorique. En 1982, travaillant avec Graeme Mitchison, il a publié un article sur les possibles fonctions du sommeil paradoxal. À partir du début des années 1990, il a consacré entièrement ses talents à la remise au cœur de la neuroscience de la recherche concernant la conscience. Crick a été frappé par la répugnance des neuroscientifiques à s'attaquer à ce problème capital; dans un article de 1990 écrit avec Christof Koch, il observait: «Il est remarquable que la plupart du travail de la science cognitive et de la neuroscience ne fait aucune référence à la conscience.» Sa collaboration avec Koch a duré jusqu'à son décès en 2004, aboutissant à une série d'articles théoriques influents sur la relation entre activité cérébrale et conscience visuelle, développant la notion de «corrélats neuronaux de la conscience».

Davantage théoricien qu'expérimentateur, le don le plus grand de Crick a été sa capacité à discerner les motifs et les liens, à voir l'image globale dans tous ses détails et à comprendre la façon dont les différentes disciplines scientifiques doivent collaborer pour aboutir à un meilleur raisonnement. Si la théorie scientifique était un sport, Crick aurait été l'entraîneur en chef, recrutant des joueurs de différentes disciplines afin de constituer une équipe capable d'arriver au résultat recherché. Son dernier livre, *L'Hypothèse stupéfiante: à la recherche scientifique de l'âme*, promouvait l'idée que la neurobiologie dispose des outils et des savoir-faire nécessaires pour résoudre la très ancienne question de savoir pourquoi (et comment) nous sommes conscients.

8 juin 1916
Naît à Weston Favell (Northampton, Angleterre)

1937
Licence en physique de l'University College de Londres

1939–1945
Travaille pour la Royal Navy dans une équipe de scientifiques

1947
Commence à étudier la biologie; travaille au Strangeways Research Laboratory, Cambridge

1950
Étudiant de doctorat au Gonville & Caius College, Cambridge

1952
Rencontre James D. Watson, avec lequel il se lie d'amitié

1953
Propose avec Watson la structure en double hélice de l'ADN

1954
Doctorat de Cambridge sur la diffraction des rayons X, polypeptides et protéines

1959
Membre de la Royal Society 1982

1962
Colauréat avec James D. Watson et Maurice Wilkins (mais pas Rosalind Franklin) du prix Nobel de physiologie ou médecine pour leur travail sur la structure de l'ADN

1967
Publie *Of Molecules and Men*

1973
Quitte la Grande-Bretagne pour travailler à plein temps au Salk Institute de l'université de San Diego (États-Unis); en 1976, occupe simultanément un poste de professeur à l'université de San Diego

1981
Publie *Life Itself: Its Origin and Nature*

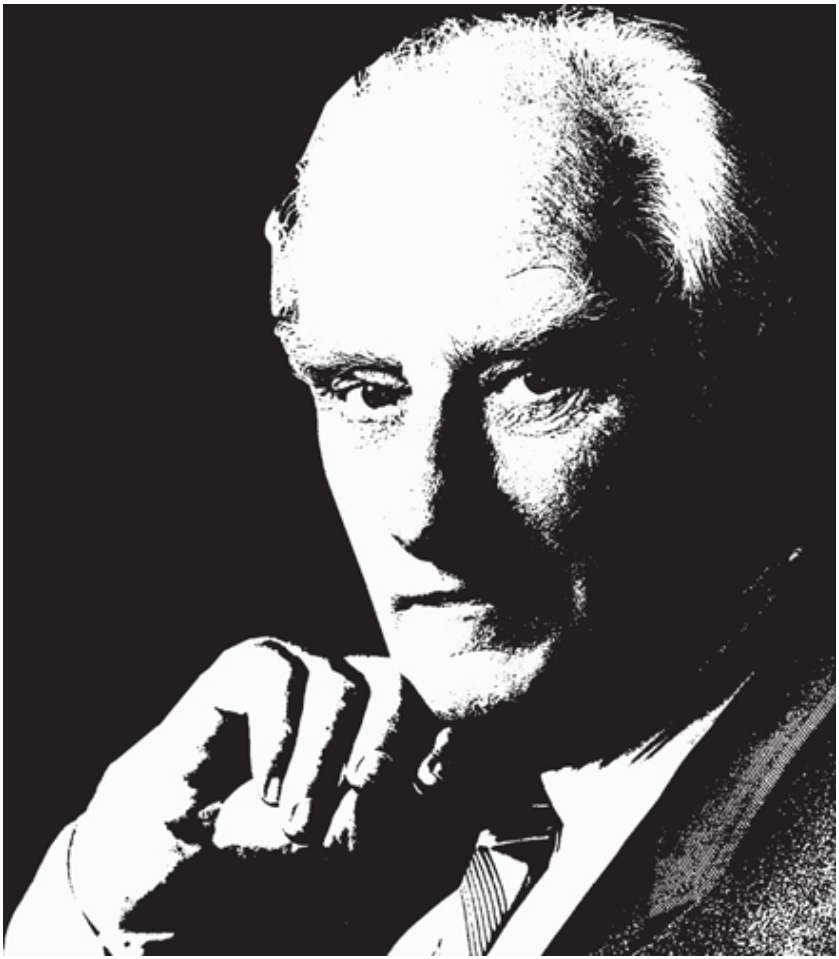
1982
Publie avec Graeme Mitchison un article sur la fonction du sommeil paradoxal

1988
Publie *Une vie à découvrir: de la double hélice à la mémoire*

1990
Commence à travailler avec Christof Koch sur la vision, la mémoire à court terme et la conscience

1994
Publie *L'Hypothèse stupéfiante: à la recherche scientifique de l'âme*

28 juillet 2004
Décède à San Diego



CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

Le Cerveau en 30 secondes

Une manière répandue d'étudier la conscience compare l'activité cérébrale à l'état inconscient et à l'état conscient, soit pour différents états comme le sommeil ou le rêve, soit pour différentes expériences telles que voir une maison ou un visage. Par exemple, une image (disons une maison) est montrée à un œil, alors qu'une autre (un visage) est présentée simultanément à l'autre, instaurant une rivalité binoculaire. Comme le cerveau ne peut pas fondre les deux en une seule image, l'expérience consciente alterne entre la maison et le visage. La comparaison de l'activité cérébrale dans ces deux cas révèle les corrélats neuronaux de la conscience de la maison (ou du visage). Francis Crick (codécouvreur de la structure de l'ADN – voir ici et ici) et son collègue Christof Koch ont défini ces corrélats comme étant les «mécanismes neuronaux minimaux conjointement suffisants pour une perception spécifique». Les expériences en cours n'ont pas encore abouti à une telle vision détaillée. Montrer que certaines régions cérébrales – ou types d'activité – sont en corrélation avec la conscience ne signifie pas qu'elles sont suffisantes, car d'autres processus cérébraux sont susceptibles d'être impliqués. Cependant, on a appris, entre autres, que la conscience est généralement associée à l'activation d'une large étendue des cortex préfrontal et pariétal et que les connexions allant des régions cérébrales supérieures aux régions sensorielles sont aussi vitales.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'activité cérébrale se corrèle avec l'expérience consciente, mais l'explique-t-elle?

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Un grand problème quant à l'approche des corrélats neuronaux de la conscience est qu'on ne peut pas assurer que l'expérience consciente est la seule chose qui change. D'habitude, quand nous sommes conscients de «X», nous le formulons aussi, soit verbalement, soit (par exemple) en appuyant sur un bouton. Difficile de débrouiller le corrélat neuronal de la conscience des processus cérébraux apparentés, tels que l'attention, la mémoire et le rapport comportemental.

INTELLIGENCE LIÉE

CONSCIENCE & INTÉGRATION

VOLITION, INTENTION & «LIBRE ARBITRE»

LE CERVEAU IMAGINATIF

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

CHRISTOF KOCH

1956–

Collaborateur de longue date de Crick et pionnier de l'approche des corrélats neuronaux de la conscience visuelle

GERAINT REES

1967–

Neuroscientifique cognitif qui a beaucoup contribué aux corrélats neuronaux de la conscience visuelle; pionnier de la recherche sur les corrélats neuronaux structurels de la conscience

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth

Est-ce un visage? Est-ce une maison? Arrêtez de tripoter mes corrélats neuronaux.

CONSCIENCE INCARNÉE

Le Cerveau en 30 secondes

Élément de toute scène, la conscience est l'expérience de posséder un corps particulier et de s'y identifier. Cela semble si évident que nous n'y pensons pas, mais de nombreuses preuves montrent que l'expérience de notre corps est bâtie par le cerveau, tout comme notre expérience du monde extérieur. Dans la maintenant classique «illusion de la main en caoutchouc», caresser en même temps une fausse main et la main réelle d'une personne, en concentrant son attention visuelle sur la fausse main, conduit à percevoir celle-ci comme une partie de son corps. Autrement dit, en se reposant sur les corrélations entre différents sens, le cerveau d'un individu déduit quelles parties du monde appartiennent ou non à son corps. D'autre part, si vous avez la malchance de perdre un membre, vous continuez à percevoir des sensations provenant de celui-ci, même s'il n'est plus là («syndrome du membre fantôme»). Cela montre une fois de plus que le cerveau bâtit un «modèle corporel» qui ne correspond pas toujours à la réalité physique. Des études récentes ont porté encore plus loin cette idée. En utilisant des combinaisons astucieuses de réalité virtuelle, de caméras montées sur la tête, de stimulation multisensorielle et d'aperçus d'«expériences extracorporelles», les chercheurs ont induit des expériences «autoscopiques» les conduisant à percevoir, en plus d'une fausse main, un corps entier – filmé ou virtuel – comme étant le leur.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'expérience de notre moi corporel et de son emplacement dans l'espace est bâtie par le cerveau et est étonnamment ouverte au changement.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le modèle corporel du cerveau dépend de multiples régions cérébrales, incluant le cortex pariétal, les aires somato-sensitives, la jonction temporo-pariétale et le gyrus angulaire. L'endommagement de ces zones peut conduire à une diversité de syndromes bizarres, dont la somatoparaphrénie (où on nie qu'une partie de son corps est à soi, l'attribuant parfois à quelqu'un d'autre) et la xénomélie (le désir d'amputer un membre sain). La stimulation électrique et l'endommagement du gyrus angulaire peuvent conduire à des expériences extracorporelles.

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

SYNDROME DE LA MAIN ÉTRANGÈRE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

V. S. RAMACHANDRAN

1951–

Pionnier des recherches sur le syndrome du membre fantôme et fondateur d'une nouvelle thérapie simple «boîte miroir»

OLAF BLANKE

1969–

Connu pour son travail sur la base neuronale de la conscience de soi

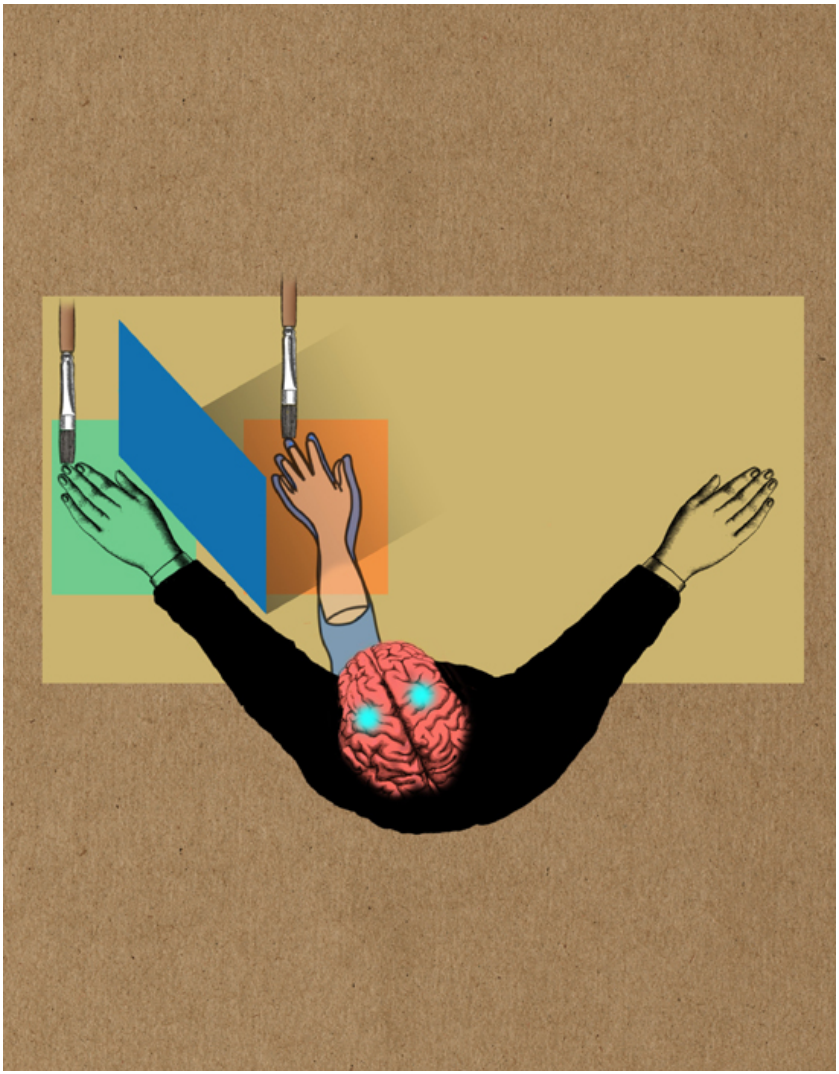
THOMAS METZINGER

1958–

Philosophe allemand, concepteur de la théorie de «l'auto-modèle de la subjectivité» de la conscience

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Serait-ce une main que je vois devant moi? Est-elle mienne? L'illusion de la main en caoutchouc conduit le cerveau à penser que la fausse main est réelle.

CONSCIENCE & INTÉGRATION

Le Cerveau en 30 secondes

Beaucoup de neuroscientifiques pensent que les processus critiques pour la conscience impliquent l'intégration de l'activité neurale entre les différentes régions cérébrales. Selon la théorie de l'espace de travail global, des contenus spécifiques du mental (tels que perceptions, pensées ou intentions d'agir) restent inconscients, avant de gagner l'accès à un «espace de travail global», qui les émet à travers le cerveau, les rendant disponibles pour le contrôle souple du comportement. Cette théorie nous invite à imaginer un théâtre où les contenus du mental deviennent conscients seulement quand ils se trouvent sous la lumière des projecteurs, quand ils peuvent être vus par les spectateurs – et interagir avec ceux-ci. La théorie de l'information intégrée (TII) concerne aussi les réseaux, mais dit que chaque expérience consciente est unique – une parmi un répertoire d'expériences possibles –, aboutissant à la production d'un énorme volume d'informations. La conscience est aussi intégrée, dans le sens où tous les sons, visions, pensées et émotions que nous connaissons à un moment donné sont liés dans une unique scène consciente. La TII suggère que cette combinaison d'information et d'intégration peut être quantifiée mathématiquement, ce qui correspondrait au degré de conscience éprouvé. L'«information intégrée» est forte à l'état normal de veille et faible durant les états inconscients comme le sommeil sans rêves.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Il n'y a pas de «point chaud» de la conscience dans le cerveau – celle-ci dépend de l'intégration de l'activité neurale des différentes régions cérébrales.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les études utilisant l'imagerie cérébrale suggèrent que les cortex préfrontal et pariétal sont particulièrement importants pour la conscience et peuvent former une partie de l'espace de travail global. Toutefois, il est difficile de savoir si ces régions génèrent la conscience même ou si elles mettent en œuvre des processus associés, tels que l'attention, la mémoire et le rapport verbal des expériences conscientes. La TII est moins spécifique quant à la neuroanatomie sous-jacente, bien qu'elle souligne l'importance des interactions entre thalamus et cortex.

INTELLIGENCE LIÉE

LE PROBLÈME DIFFICILE

CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

LE CERVEAU ANESTHÉSIÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

BERNARD BAARS

1946–

Psychologue, neurobiologiste, concepteur de la théorie de l'espace de travail global et auteur *de A Cognitive Theory of Consciousness* (1988)

GIULIO TONONI

1960–

Neuroscientifique et psychiatre, concepteur de la théorie de l'information intégrée de la conscience; a aussi travaillé sur la neurophysiologie du sommeil

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth

Les circuits neuronaux sont les notes sur la page – la conscience est ce qui arrive quand la musique est jouée.

VOLITION, INTENTION & «LIBRE ARBITRE»

Le Cerveau en 30 secondes

Dans les années 1980, Benjamin Libet a réalisé l'une des expériences les plus célèbres de la neuroscience moderne. Il a demandé aux participants de lever un doigt au moment de leur choix et de noter, en regardant l'aiguille d'une horloge, quand ils ont senti consciemment l'envie de le faire. Pendant ce temps, il a enregistré l'activité électrique de leur cerveau, trouvant des motifs fiables d'activité – «potentiels de préparation motrice» – qui précédaient le moment de l'envie d'environ une demi-seconde. Pour certains, c'est la preuve que le cerveau s'engage dans une action (lever un doigt) avant que nous soyons conscients de l'intention de l'exécuter, défiant apparemment les notions de bon sens comme celle du «libre arbitre». Toutefois, beaucoup ne sont pas surpris par les résultats de Libet – tout événement dépendant du cerveau, que ce soient des comportements (lever un doigt) ou des expériences (l'intention consciente de le faire), doit avoir des causes préalables dans le cerveau. Les potentiels de préparation motrice enregistrés par Libet sont associés à l'«aire motrice présupplémentaire». Effectivement, le neurochirurgien Itzhak Fried a constaté qu'une légère stimulation électrique de cette aire suscite une intention de bouger, alors qu'une stimulation plus forte conduit à un mouvement réel. La controverse se poursuit cependant. Il semble que nous sommes décidés à nous accrocher à l'idée de libre arbitre conscient.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Bien que le «libre arbitre» puisse ne pas exister, l'expérience de «se mettre en mesure d'agir» existe assurément et peut être localisée dans le cerveau.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Libet n'était pas à l'aise avec les implications de ses expériences. Il prônait que la conscience doit imposer un «veto» entre le début du potentiel de préparation motrice et l'exécution du mouvement correspondant. Cela implique «interdictions libres» au lieu de «libre arbitre.» Mais, que ce soit l'un ou l'autre, l'idée que la conscience puisse intervenir en quelque sorte directement dans les processus cérébraux est extrêmement problématique. Des expériences récentes ont donc cherché les signatures cérébrales de ces «veto» conscients.

INTELLIGENCE LIÉE

LE PROBLÈME DIFFICILE

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

SYNDROME DE LA MAIN ÉTRANGÈRE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

BENJAMIN LIBET

1916–2007

Renommé pour ses expériences originales sur le timing des intentions conscientes

PATRICK HAGGARD

1965–

Neuroscientifique cognitif qui a développé le travail de Libet de diverses manières intéressantes, dont la recherche des signatures cérébrales des veto conscients

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth

Qui lève le doigt ici? Vous ou le M. Grand qui vit dans votre crâne?

LE CERVEAU ANESTHÉSIÉ

Le Cerveau en 30 secondes

Imaginez un monde dépourvu d'anesthésie. Les visites chez le dentiste seraient une chose, les opérations chirurgicales importantes, une autre. Le développement de l'anesthésie générale – utilisation de substances induisant un état inconscient réversible – a révolutionné la médecine au cours du XXe siècle, permettant de plus d'étudier la base cérébrale de la conscience. Nous savons que diverses substances agissent comme anesthésiants généraux, mais nous ne connaissons toujours pas vraiment leur mode d'action. L'activité électrique cérébrale sous anesthésie générale est différente de celle à l'état de veille ou de celle pendant le sommeil, et ressemble davantage aux états profonds d'inconscience, tels que l'état végétatif. L'imagerie cérébrale a montré que l'anesthésie générale affecte plusieurs régions cérébrales, dont le cortex pariétal et le thalamus, ses effets étant plus faibles sur les aires sensorielles comme le cortex visuel primaire. Selon la théorie du «commutateur thalamique» (commutateur flip-flop), l'anesthésie générale endort la conscience en diminuant l'activité dans des parties spécifiques du thalamus. Toutefois, on ne sait pas si cette désactivation est une cause ou une conséquence de la perte de conscience. Se pourrait-il que le thalamus permette aux autres aires corticales de communiquer et que la disparition de cette communication conduise à la perte de conscience?

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'anesthésie générale repose sur l'activation/désactivation de la conscience. Même si nous ne savons pas comment agissent les anesthésiants, nous sommes contents qu'ils le fassent.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'état inconscient doit être distingué de l'absence de réaction. En agissant sur le tronc cérébral, l'anesthésie générale inhibe les réactions comportementales. Des médicaments paralysants sont parfois utilisés pour empêcher les réflexes corporels durant les opérations. À de (rares) occasions, les patients s'éveillent durant une opération; impossible de dire pourquoi en nous reposant sur les seules réactions comportementales. Il est donc important de développer les technologies de «mesure de la conscience».

INTELLIGENCE LIÉE

L'ARCHITECTURE BASIQUE DU CERVEAU

SOMMEIL & RÊVE

CONSCIENCE & INTÉGRATION

COMA & ÉTAT VÉGÉTATIF

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

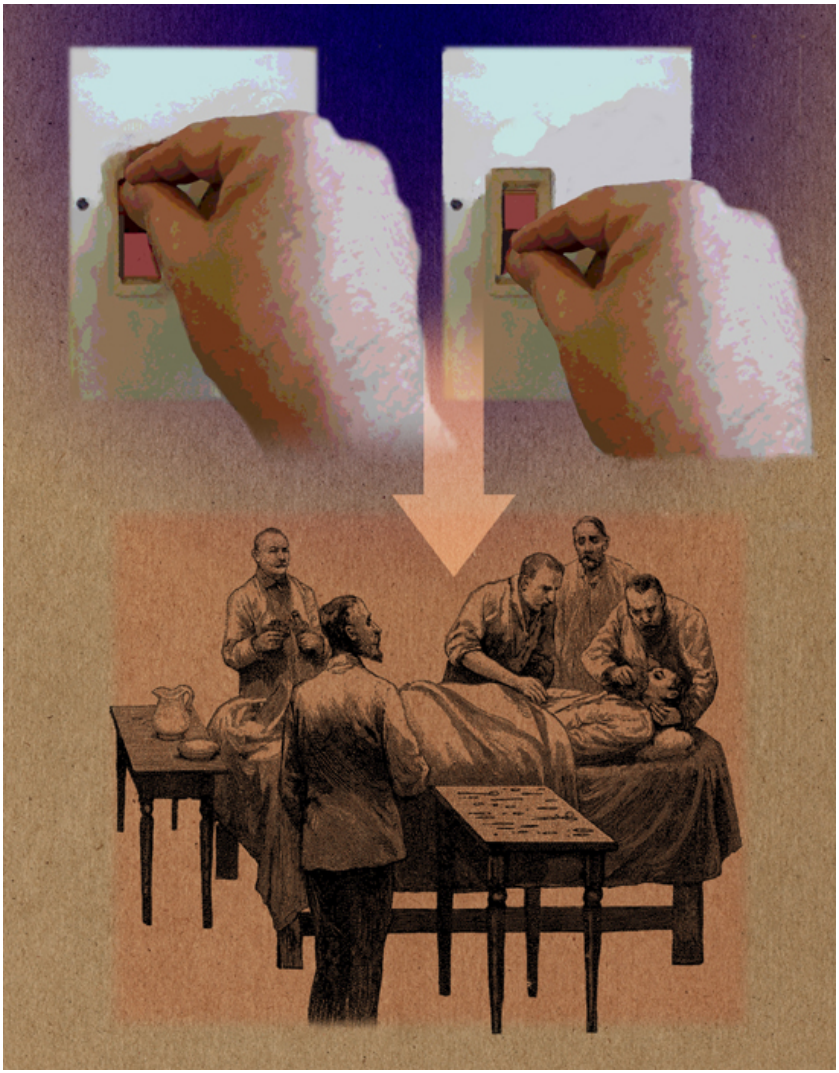
WILLIAM T.G. MORTON

1819–1868

Pionnier de l'anesthésie générale; en 1846, il a été le premier à utiliser l'éther comme anesthésiant

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



L'auto-interruption. L'obturation canalaire ne serait pas la même sans elle.

COMA & ÉTAT VÉGÉTATIF

Le Cerveau en 30 secondes

Si vous avez la malchance de subir un dommage cérébral grave, vous risquez de finir dans le coma, état où la conscience est absente et l'activité cérébrale très réduite. Si vous survivez, vous pouvez vous retrouver dans un état végétatif, où vous semblez *éveillé* mais *pas conscient*. Cet état, qui peut durer des années, même des décennies, est diagnostiqué d'ordinaire en observant le comportement du patient. L'imagerie moderne a modifié nombre de suppositions. En 2006, Adrian Owen et ses collègues ont demandé à un patient en état apparemment végétatif passant une IRMf d'imaginer soit qu'il jouait au tennis, soit qu'il se promenait dans sa maison. Même s'il ne montrait aucun signe extérieur de compréhension, le patient montrait au moment respectif une activité cérébrale liée à chaque tâche. Bien que ces cas soient rares, ils signalent qu'au moins certains patients tenus précédemment pour inconscients gardent en fait leur conscience. La méthode peut aussi être utilisée pour communiquer avec les patients en leur demandant d'imaginer des activités différentes pour «oui» et «non», les réponses étant visibles sur un scanner. Malheureusement, nous sommes bien loin du développement de remèdes pour ces états. De nouvelles techniques comme la stimulation cérébrale profonde montrent des promesses, mais seulement chez une minorité de patients.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Être éveillé ne signifie pas toujours être conscient et sembler inconscient ne signifie pas toujours que la conscience a réellement disparu.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Maintenant qu'il est possible de communiquer avec certains patients apparemment sans réaction, que doit-on leur demander? Il semble raisonnable de leur demander s'ils ont mal, mais doit-on leur demander s'ils veulent continuer à vivre? L'éthique de tout cela reste encore à déterminer. Aussi, les équipements réalisant des IRMf sont trop onéreux et encombrants pour être utilisés à grande échelle dans ces buts. Des études récentes se sont penchées sur l'utilisation d'équivalents d'EEG relativement bon marché et portables.

INTELLIGENCE LIÉE

IMAGERIE CÉRÉBRALE

LE CERVEAU ANESTHÉSIÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

FRED PLUM

1924–2010

Premier à caractériser l'état végétatif

ADRIAN OWEN

1966–

Pionnier de l'étude des troubles de conscience et concepteur de l'expérience de la maison/du tennis

STEVEN LAUREYS

1968–

Pionnier de l'imagerie cérébrale des patients végétatifs ou comateux

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth

Inconscient ne veut pas dire sans conscience, même si vous devez communiquer en hiéroglyphes.

PERCEPTION & ACTION

PERCEPTION & ACTION

GLOSSAIRE

Aire motrice Zone du cortex cérébral, située dans la partie postérieure du lobe frontal, responsable de la planification et de l'exécution des mouvements volontaires. L'aire motrice primaire envoie des signaux de contrôle directement à la moelle épinière et de là aux muscles; les aires motrices supérieures sont impliquées dans le séquençage plus abstrait et l'intégration spatiale du mouvement, ainsi que dans l'initiation des mouvements volontaires.

Aire V4 L'une des principales subdivisions de l'aire visuelle, dans les lobes occipitaux du cortex cérébral. Nommée par Semir Zeki dans les années 1970, cette aire a été associée à la perception des couleurs, bien qu'elle ne soit pas limitée à ce rôle.

Attention Processus cognitif et perceptif essentiel, où le cerveau donne la priorité au traitement de certains signaux aux dépens d'autres. On connaît plusieurs types d'attention (l'attention aux emplacements spatiaux, aux objets ou aux caractéristiques de ceux-ci, etc.). L'attention est ordinairement étudiée dans le contexte de la vision, mais est présente également pour d'autres sens.

Cécité de changement Phénomène dû au mode de fonctionnement du cerveau, qui se construit une représentation lacunaire faite d'observations partielles. Le cerveau est alors incapable de remarquer un changement qui se produit sur un élément qu'il considère sans importance. La cécité de changement, comme la cécité d'inattention, suggère que notre perception du monde peut ne pas être aussi fiable qu'on l'imagine.

Cécité d'inattention Apparentée à la cécité de changement, c'est le fait d'échouer à remarquer un stimulus pourtant parfaitement visible. Lors d'une célèbre démonstration par Dan Simons, les volontaires qui se concentraient sur le comptage des passes de basket-ball réussies n'ont pas remarqué un homme revêtu d'un costume de gorille traversant le terrain.

Colliculus supérieur Structure sous-corticale bilatérale située sur le toit du mésencéphale, qui joue un rôle important pour l'orientation des récepteurs sensoriels de la tête vers des objets qui nous intéressent. Les signaux visuels se déplaçant *via* le colliculus supérieur n'arrivent pas au cortex.

Constance de la couleur Processus par lequel une partie du système visuel permet de percevoir la couleur dans une diversité de conditions d'éclairage. Par exemple, un lit de roses montrera à l'aube un mélange de longueur d'onde différent de celui à midi; même si la couleur dépend précisément de ce mélange, dans les deux cas nous la percevrons en tant que teinte particulière de rouge.

Cortex cérébral Terme désignant la matière grise périphérique (appelée ainsi en raison de l'absence de myélinisation qui fait paraître blanches les autres parties du cerveau) des hémisphères cérébraux, plissée par des sillons de profondeurs variables et représentant environ deux tiers du volume global du cerveau. Le cortex cérébral est divisé en lobes (frontal, pariétal, temporal et occipital), chacun ayant des fonctions différentes, dont la perception, la réflexion, le langage, l'action et autres processus cognitifs «supérieurs» tels que la prise de décisions. Ses zones fonctionnelles sont appelées «aires».

Lobe frontal Une des quatre divisions principales du cortex cérébral, la plus développée chez l'homme en comparaison d'autres animaux. Le lobe frontal (un pour chaque hémisphère) abrite des zones associées à la prise de décisions, à la planification, à la mémoire, à l'action volontaire et à la personnalité.

POURQUOI VOYONS-NOUS LES COULEURS

Le Cerveau en 30 secondes

Nos yeux sont le point de départ de la vision des couleurs. Ils renferment des récepteurs spécialisés détectant les diverses longueurs d'onde de la lumière, ce qui permet la perception des différentes couleurs. Toutefois, si on déplace une pomme exposée au soleil dans une pièce éclairée à la bougie, on la verra toujours rouge, même si les longueurs d'onde de la lumière se reflétant dessus sont modifiées par les conditions d'éclairage différentes. Cet aspect de la couleur est déterminé par le cerveau, pas par les yeux. Qui plus est, certaines des couleurs que nous pouvons voir (comme le magenta) n'ont pas de longueur d'onde correspondante – elles sont entièrement construites par le cerveau. Une partie du cerveau – l'«aire V4» –, présente dans les deux hémisphères, est responsable de la perception de la couleur. Si cette région cérébrale est endommagée, le monde est vu uniquement en noir et blanc. Pourquoi y a-t-il une région du cerveau consacrée au traitement de la couleur? L'aire V4 est censée décider de la «constance de la couleur» – autrement dit, déterminer la couleur d'une surface en fonction des conditions d'éclairage. Cette capacité a pu évoluer chez les primates, nos lointains ancêtres, en raison du besoin d'identifier correctement les sources de nourriture comme les fruits rouges dans un feuillage vert.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Le cerveau tente de trouver la vraie couleur d'une surface indépendamment des conditions d'éclairage. Voir la couleur n'est pas juste détecter sa longueur d'onde.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'arc-en-ciel n'a pas sept couleurs. Nous le pensons seulement parce que nous ne disposons que d'un nombre limité de mots pour décrire les couleurs que nous voyons. La manière dont nous divisons les couleurs en catégories affecte la façon dont nous les voyons. Par exemple, certaines cultures n'ont pas des mots spécifiques pour le vert et le bleu. Les individus appartenant à ces cultures ont du mal à distinguer les couleurs bleu verdâtre (comme le turquoise).

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

NEUROPSYCHOLOGIE

SYNESTHÉSIE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

EDWIN LAND

1909–1991

Auteur de l'un des premiers comptes rendus de la constance de la couleur

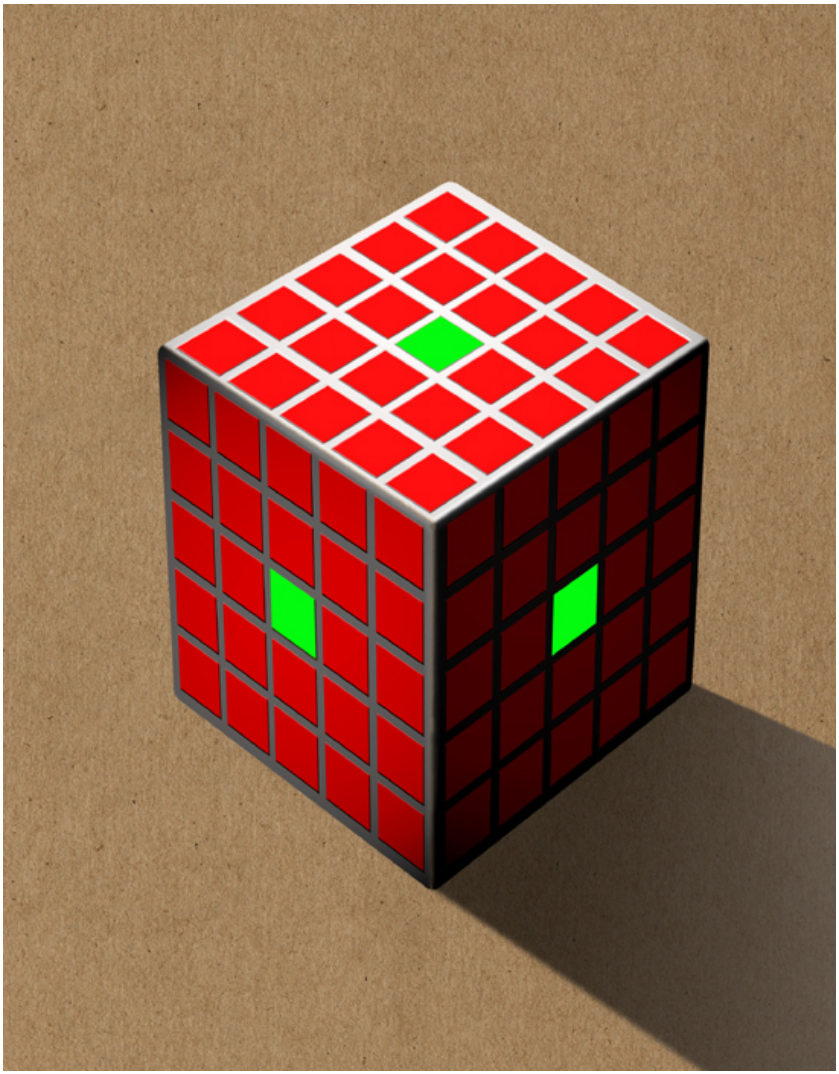
SEMIR ZEKI

1940–

Recherches sur l'aire V4

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward



Bien que les longueurs d'onde de la lumière reflétée à partir des carrés verts soient les mêmes, l'un d'entre eux est perçu par le cerveau comme plus brillant.

VISION AVEUGLE

Le Cerveau en 30 secondes

Le patient G.Y. a eu un accident de voiture à l'adolescence, qui a endommagé une petite région de son cerveau, rendant «aveugle» cette zone de son champ visuel. Lorsqu'une lumière en mouvement entrait dans son champ «aveugle», il disait ne pas la voir. Lorsqu'il devait deviner si la lumière se déplaçait vers la gauche ou la droite, il répondait correctement à plus de 90 %, même s'il continuait à affirmer ne pas la voir. Ce paradoxe est appelé «vision aveugle», phénomène désignant la perception résiduelle des personnes dont les aires corticales visuelles ont été endommagées. Cette vision est due au fait que chez l'homme les yeux sont connectés au cerveau par une dizaine de voies de traitement visuel, si bien que les dommages cérébraux affectent ponctuellement une voie ou une autre (alors que l'endommagement des yeux tend à affecter toutes les voies). Ces voies ont évolué pour différentes fonctions – une utilise la lumière pour calibrer l'horloge biologique (utile pour dépasser la fatigue due au décalage horaire), une autre est utilisée pour diriger les yeux vers les changements brusques. Ces voies fonctionnent encore chez des patients comme G.Y., leur permettant de «voir» dans une certaine mesure. La voie endommagée chez G.Y. (et d'autres personnes comme lui) est la principale voie impliquant le cortex – importante pour distinguer les détails et étroitement liée à l'expérience consciente de la vision.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Des patients dont les aires visuelles cérébrales sont endommagées affirment ne pas voir quelque chose, mais sont capables de deviner correctement ce qu'ils voient. C'est la vision aveugle.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Nous posons parfois le regard sur quelque chose qui s'avère être important, sans savoir pourquoi nous le faisons. C'est presque comme si nos yeux arrivaient à voir quelque chose que «nous» ne pouvons pas encore apercevoir. Toutefois, il ne s'agit pas là d'une divergence entre les yeux et le cerveau, mais plutôt de l'existence de deux voies différentes dans le cerveau – une voie de vision rapide (*via* le colliculus supérieur), qui bouge les yeux, et une voie de vision lente (via le cortex), qui détecte les détails.

INTELLIGENCE LIÉE

NEUROPSYCHOLOGIE

CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

MANQUER L'ÉVIDENT

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

GEORGE RIDDOCH

1888–1947

Neurologue, spécialiste de la diminution de l'acuité visuelle chez les soldats ayant subi des blessures cérébrales durant la Première Guerre mondiale

LARRY WEISKRANTZ

1926–

Chercheur, inventeur du terme «vision aveugle»

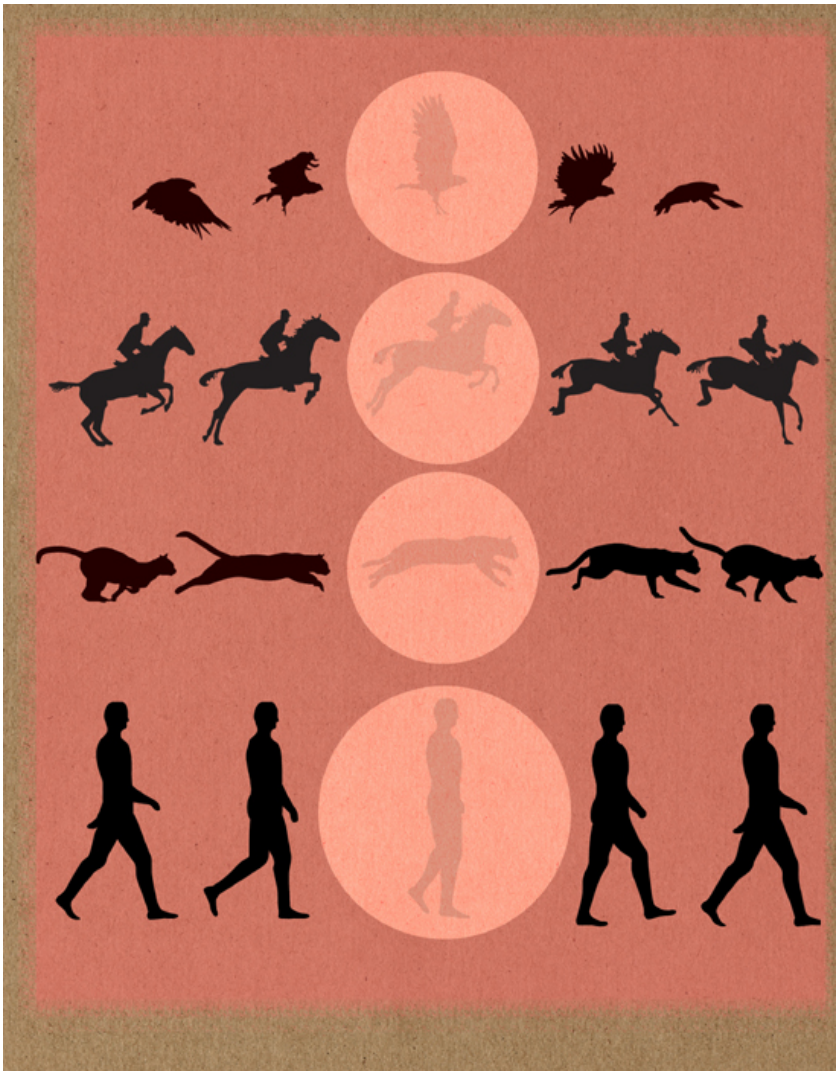
NICHOLAS HUMPHREY

1943–

Chercheur et philosophe intéressé par la vision

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward



La vision aveugle signifie que vous ne distinguez pas toujours l'image globale. Vous avez pu ne pas la voir, alors que votre cerveau l'a vue.

SYNESTHÉSIE

Le Cerveau en 30 secondes

Pour un petit pourcentage de la population, les mots sont colorés (le mardi peut être bleu), la musique a un goût ou les nombres sont visualisés dans un paysage mouvant. Cette manière remarquable de percevoir le monde est appelée synesthésie. Les personnes affectées par cet état ont des sensations additionnelles (elles peuvent savourer la musique aussi bien que l'écouter) qui ne leur demandent aucun effort. La synesthésie apparaît de bonne heure et tend à être stable; donc, si le mardi est bleu maintenant, il le sera demain et l'année prochaine. Une clé pour la comprendre est d'admettre que nos perceptions conscientes (comme celles de la couleur) sont créées par le cerveau, si bien qu'elles peuvent être activées non seulement par les organes sensoriels, mais aussi par l'activité d'autres parties du cerveau. Chez les personnes affectées par la synesthésie, le centre cérébral de la couleur peut être activé non seulement en voyant les couleurs, mais aussi en entendant des mots. Ce dernier phénomène prend place parce que chez ces personnes des motifs inhabituels de connectivité existent entre des régions du cerveau qui, chez les autres, tendent à être plus isolées. Ces connexions peuvent être génétiques (la synesthésie est familiale), mais il ne s'agit pas d'un trouble. Par exemple, présenter une synesthésie peut aider à améliorer la mémoire.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Nos perceptions ne sont pas toujours déclenchées *via* nos organes sensoriels (yeux, oreilles, etc.), mais par l'activité d'autres régions du cerveau. Les synesthètes voient les couleurs en entendant des mots.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Daniel Tammett a utilisé sa synesthésie pour arriver à se souvenir du π jusqu'à la 20 000e décimale. Pour lui, chaque chiffre a sa propre couleur, taille et forme, et leur séquence est un paysage coloré le long duquel il marche mentalement. Pour les personnes qui ne connaissent pas cet état, visualiser des choses améliore souvent la capacité mémorielle. Lier des séquences à des routes familières peut servir de stratégie pour apprendre, par exemple, l'ordre d'un jeu de cartes.

INTELLIGENCE LIÉE

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

POURQUOI VOYONS-NOUS LES COULEURS

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

FRANCIS GALTON

1822–1911

Esprit universel victorien qui a popularisé la notion de synesthésie

V. S. RAMACHANDRAN

1951–

Neuroscientifique qui a lié la synesthésie à l'évolution du langage et de la créativité

RICHARD CYTOWIC

1952–

Chercheur et auteur de *The Man Who Tasted Shapes*

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward

Joue-moi une note bleue ou une note parfumée à l'hibiscus ou une note au goût de cannelle et de miel.

SUBSTITUTION SENSORIELLE

Le Cerveau en 30 secondes

Les dispositifs de substitution sensorielle véhiculent l'information d'un sens à un autre. Leur objectif est de permettre aux personnes aveugles de «voir» en utilisant leurs sens intacts, l'ouïe ou le toucher. Par exemple, un dispositif assez ancien utilisait une batterie d'épingles placée sur le dos d'une personne afin de créer une impression tactile bidimensionnelle d'une scène visuelle. Il permettait aux aveugles de reconnaître les objets distants et créait même l'impression que des objets se trouvaient devant eux. Les variantes modernes sont miniaturisées et stimulent la langue de l'utilisateur, étant liées *via* un ordinateur à une webcam placée sur sa tête. D'autres dispositifs utilisent des sons pour véhiculer la vision – par exemple, les différents pixels d'une image sont traduits en hauteurs différentes du son et en points différents dans le temps. Avec de la pratique, les utilisateurs (aveugles ou voyants) arrivent à reconnaître les ondes sonores comme «formes»; les sons activent des parties du cerveau normalement consacrées à la détection des formes visuelles ou tactiles. La capacité du cerveau à s'adapter à ces dispositifs est un exemple frappant de plasticité cérébrale qui, dans un sens très réel, crée un cyborg – une entité fonctionnelle en partie homme, en partie machine.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les technologies traduisant la vision en son ou toucher offrent aux personnes aveugles un certain accès au monde visuel. Le cerveau traduit l'entrée auditive ou tactile en quelque chose de similaire à la vision.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le succès de la substitution sensorielle dépend-il du fait que l'utilisateur était voyant par le passé? Une personne aveugle de naissance peut-elle faire de nouvelles expériences en utilisant de tels dispositifs? Il n'y a pas de réponse simple. Un aveugle de naissance ne peut pas comprendre pleinement à quoi ressemble la vision. Les personnes qui ont perdu la vue tôt dans la vie parlent d'expériences inhabituelles après avoir utilisé ces dispositifs, mais il n'est pas certain qu'il s'agisse de «vision» (elles ne parlent pas de clair et d'obscur).

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

SYNESTHÉSIE

ENTRAÎNER LE CERVEAU

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

PAUL BACH-Y-RITA

1934–2006

Pionnier de ce domaine depuis les années 1960 grâce à ses dispositifs tactiles/visuels

KEVIN O'REGAN

1948–

Scientifique et philosophe pour qui la vision peut fonctionner à partir des autres sens

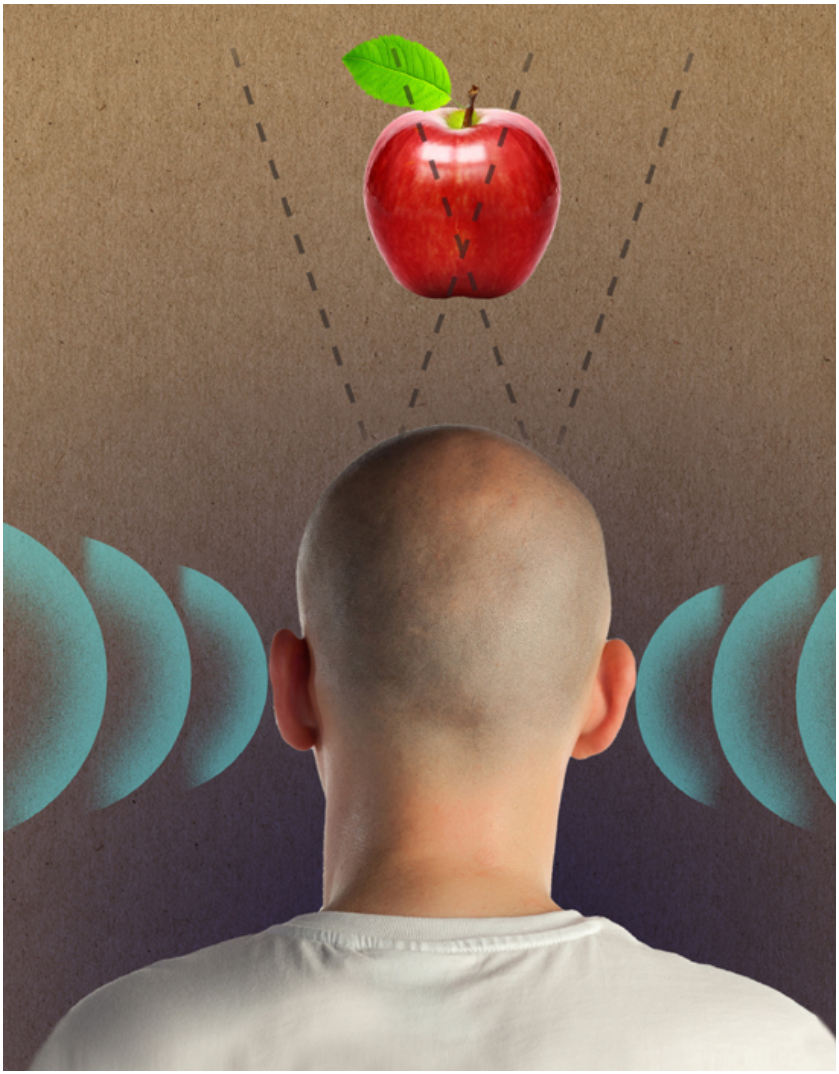
PETER MEIJER

1961–

Inventeur d'un dispositif de substitution sensorielle auditive, le «vOICe»

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward



Avec un peu d'aide, le cerveau ingénieux peut traduire le son en une sorte de vision.

MANQUER L'ÉVIDENT

Le Cerveau en 30 secondes

Le monde visuel présente une grande richesse et d'innombrables détails. Toutefois, nos expériences quotidiennes de quête d'un objet «caché» – disons, nos clés de voiture – qui se trouve juste devant nos yeux suggèrent que nous ne traitons pas tous les objets de notre champ visuel de la même manière. Quelques expériences amusantes ont illustré cela. Si vous comptez le nombre de passes d'une partie de basket-ball, vous ne remarquerez peut-être pas un homme vêtu d'un costume de gorille qui traverse le terrain (cécité d'inattention). Similairement, si à la bibliothèque un assistant se penche sous le comptoir pour chercher votre livre et un nouvel assistant apparaît à la même place, vous ne remarquerez peut-être pas la différence (cécité de changement). Comme tous les sens, dont la vision, sont bombardés en permanence d'informations, le cerveau a développé un mécanisme – l'attention – qui agit comme un filtre, en donnant la priorité à certaines informations (en amplifiant leur signal neural) aux dépens d'autres. Cela nous préserve de la distraction permanente (par exemple, nous ne notons pas le toucher de nos vêtements, parce que nous ne nous occupons pas de ce signal), mais parfois le prix à payer fait «manquer l'évident».

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Tous les objets d'une scène visuelle encombrée sont traités, mais le mécanisme de filtrage cérébral (attention) donne la priorité à quelques-uns à la fois.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Des exemples similaires existent dans le domaine de l'ouïe. Si nous écoutons plusieurs conversations en même temps, nous pouvons filtrer dans une certaine mesure celles qui sont insignifiantes. Nous pouvons même noter quand une voix seule semble masculine ou féminine ou passe du français à l'allemand. Dans cet exemple, l'information reçue par les aires auditives du cerveau n'est pas transmise aux régions cérébrales «supérieures» (les cortex préfrontal et pariétal) qui pourraient la traiter pleinement.

INTELLIGENCE LIÉE

CORRÉLATS NEURONAUX DE LA CONSCIENCE

VISION AVEUGLE

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

DONALD BROADBENT

1926–1993

Psychologue, concepteur de la notion du rôle de filtre de l'attention

RONALD RENSINK

1955–

Pionnier des études sur la cécité de changement

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward

Faites attention. Combien avez-vous compté de passes? Combien de smashs? Et pourquoi Michael Jordan porte-t-il ce costume de gorille?

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

Le Cerveau en 30 secondes

La coordination main-œil n'est pas aussi simple qu'elle le paraît, comme l'ont constaté les décennies de recherches consacrées à la robotique. Localiser la tasse de café est le premier défi – notre système visuel peut nous dire où elle se trouve sur l'image rétinienne, mais impossible de pénétrer dans nos yeux pour la retrouver. Pour la localiser dans le monde extérieur, nous devons connaître la position des yeux dans les orbites et la position de la tête par rapport au corps (la profondeur du champ visuel est encore un autre problème). Les signaux des muscles oculaires et du cou doivent donc être liés à la vision. De cette manière, nous transformons l'image visuelle, d'une chose centrée sur les yeux en une chose centrée sur le corps, sur laquelle nous pouvons agir. C'est là qu'interviennent les voies cérébrales séparées de traitement permettant de localiser un objet et d'agir sur lui (par exemple, le saisir) par opposition à la seule identification de l'objet (le reconnaître en tant que tasse de café). Normalement, ces voies fonctionnent ensemble aisément. Savoir ce qu'est un objet affecte notre interaction – comme saisir un presse-papiers ou comment saisir un œuf. Les robots programmés pour saisir un presse-papiers auront du mal à saisir l'œuf, sauf s'ils sont dotés d'un quelconque système de reconnaissance des objets.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Localiser une tasse de café signifie lier l'information visuelle à l'information concernant la posture du corps à un moment donné, impliquant des mécanismes cérébraux très spécialisés.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le cerveau humain enseigne des leçons importantes à la «vision» dirigée par ordinateur et à la robotique. Une leçon à retenir est que le corps est important. Nous explorons activement le monde en bougeant les yeux, la tête et le corps, exploration qui nous offre de nouvelles sources d'information. Par exemple, en notant la façon dont le monde visuel change lorsque nous bougeons la tête, nous trouvons des indices quant à la profondeur et à l'occlusion du champ visuel.

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

VISION AVEUGLE

SYNDROME DE LA MAIN ÉTRANGÈRE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

MEL GOODALE & DAVID MILNER

1943– et 1943–

Concepteurs de l'idée que la vision en vue de l'action est différente de la vision en vue de la perception

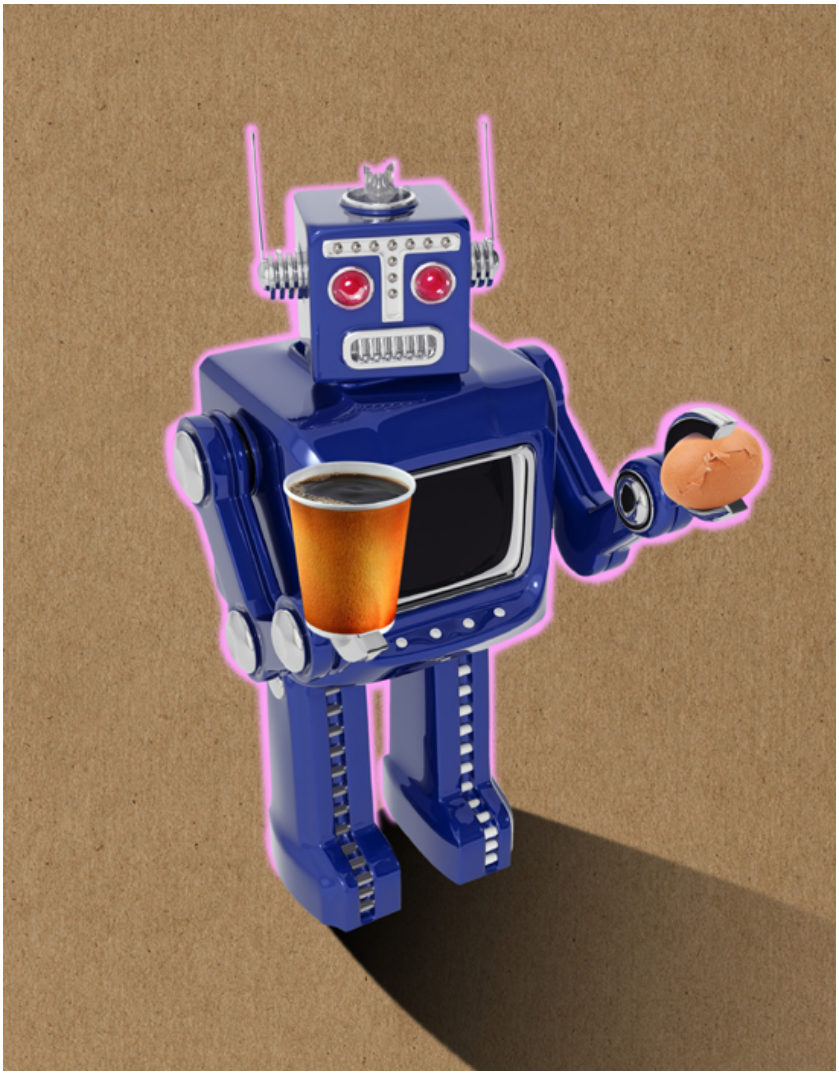
RICHARD ANDERSEN

1950–

Neuroscientifique, étudie la manière dont l'espace visuel est transformé entre les coordonnées de l'œil et les coordonnées du corps

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward



Un cerveau de la taille de Jupiter, parlant 400 langues, peut calculer π à l'infini, mais ne pourra toujours pas saisir une tasse de café sans en renverser.

OLIVER SACKS

Oliver Sacks, qui va maintenant sur ses 90 ans, est un auteur toujours prolifique, professeur de neurologie à la New York University School of Medicine. Né en Grande-Bretagne, diplômé des universités d'Oxford et de New York, il vit et travaille aux États-Unis depuis les années 1960.

Sacks s'est efforcé d'unir la science et les arts, de trouver une façon universellement compréhensible d'expliquer le comportement du cerveau et de la conscience sans négliger la physiologie et les circuits neuronaux qui les sous-tendent. Ses best-sellers reposent sur l'histoire des cas de ses patients et sur ses propres expériences (en tant que migraineux et expérimentateur des drogues modifiant la conscience, par exemple). Il ne présente pas le mental malade, endommagé ou troublé selon la perspective clinique froide du médecin olympien, mais selon celle des patients, s'exprimant avec leurs propres mots, qu'ils vivent avec le syndrome de Tourette, la maladie de Parkinson, l'aphasie, l'autisme ou d'autres affections. Cela lui offre l'occasion de parler des chefs-d'œuvre nés d'une réaction «anormale» au monde, ainsi que des problèmes que cela pose, approche qui englobe le pragmatique autant que le poétique. Pour le *New York Times*, Sacks est le poète lauréat de la médecine. En 2001, il a reçu le prix Lewis Thomas de l'écriture scientifique. Son livre le plus célèbre est assurément *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, 24 essais parlant des extrêmes du mental.

En tant que neurologue, Sacks est par ailleurs connu pour le travail qu'il a effectué dans les années 1960 avec les survivants de la pandémie d'encéphalite léthargique des années 1920, dans le coma depuis presque quarante ans. Sacks pensait qu'un nouveau médicament expérimental, le L-DOPA, conçu pour améliorer l'absorption de la dopamine dans le cas de la maladie de Parkinson, était susceptible de réveiller ces patients; ce fut le cas, mais les résultats n'ont pas toujours été heureux. Son second livre, *L'Éveil*, est un compte rendu stoïque des événements.

Sacks a reçu de nombreux prix. Son travail s'est montré inestimable pour attirer l'attention du public sur des affections difficiles. Malgré cela, il reste un personnage quelque peu controversé. Nombre de ses pairs ont l'impression qu'il exploite ses patients comme matériel pour sa carrière littéraire; pour d'autres, il est trop singulier et pas assez rigoureux dans ses comptes rendus. Pourtant, en termes de renommée, il peut être décrit comme le Stephen Hawking de la neurologie: son approche humaine, compréhensive et engageante fait de lui le neurologue le plus connu par le grand public.

9 juillet 1933
Naît à Londres

1954
Licence en physiologie et biologie du Queen's College, Oxford

1966
Travaille au Beth Abraham Hospital de New York avec des survivants de la pandémie de l'encéphalite léthargique des années 1920

1966–2007
Instructeur, puis professeur de neurologie à l'Albert Einstein College of Medicine

1973
Publie *L'Éveil*, compte rendu des expériences de ses patients souffrant d'encéphalite léthargique

1985
Publie *L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau*, son premier best-seller

1995
Publie *Un anthropologue sur Mars*, livre traitant des personnes souffrant de troubles cérébraux qui réussissent à mener une vie créative

1999–2007
Professeur à la New York University School of Medicine

2007
Rejoint la faculté de médecine de la Columbia University Medical Center en tant que prof esseur de neurologie et de psychiatrie

2007
Publie *Musicophilia: la musique, le cerveau et nous*

2010
Publie *L'Œil et l'esprit*, études des cas concernant l'expérience de la déficience visuelle

2012
Publie *Hallucinations*, études de sa propre expérience, et des expériences de ses

patients, des hallucinations induites par la maladie et les drogues

2012

Nommé professeur de neurologie à la NYU School of Medicine et neurologue consultant à son Epilepsy Center

SYNDROME DE LA MAIN ÉTRANGÈRE

Le Cerveau en 30 secondes

LE SYNDROME DE LA MAIN étrangère est présent dans le cas de certains types de dommage cérébral. Les patients ont l'impression que les mouvements d'un membre (d'habitude le bras) ne sont pas initiés par eux-mêmes et sont donc «étrangers», comme si le membre avait une volonté propre. Ces mouvements peuvent être significatifs ou non. Par exemple, la main étrangère peut ouvrir la fermeture éclair d'une veste que l'autre main vient juste de fermer ou la main étrangère se lève spontanément, faisant des mouvements «tentaculaires» des doigts. Le personnage du Dr Folamour du film du même nom montrait ce symptôme. De multiples régions cérébrales sont impliquées dans la production des actions. L'aire motrice primaire envoie des signaux à travers la moelle épinière afin de produire des mouvements des membres. À son tour, elle reçoit des signaux provenant d'autres parties des lobes frontaux, qui façonnent et contrôlent nos actions. Normalement, ces parties du cerveau fonctionnent ensemble – nos actions ne semblent pas étrangères parce que les régions cérébrales produisant les mouvements communiquent avec celles qui contrôlent et guident l'action. Si l'aire motrice est déconnectée des aires contrôlant d'autres régions cérébrales, des mouvements inattendus, donc «étrangers», se produisent.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Votre bras peut sembler hors de votre contrôle si votre aire motrice est déconnectée des autres parties de votre cerveau.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le syndrome de la main étrangère a quelque chose en commun avec les hallucinations. Le premier implique le mouvement, les secondes, les sensations (entendre des voix ou voir des visages qui ne sont pas là), choses différentes en apparence. Toutefois, ils reflètent des genres similaires de mécanismes cérébraux, autrement dit une activité spontanée dans les régions sensorielles ou motrices du cerveau, à laquelle les régions cérébrales supérieures «ne s'attendent pas».

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

VOLITION, INTENTION & «LIBRE ARBITRE»

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

KURT GOLDSTEIN

1878–1965

Décrit en 1908 le premier cas connu de ce syndrome

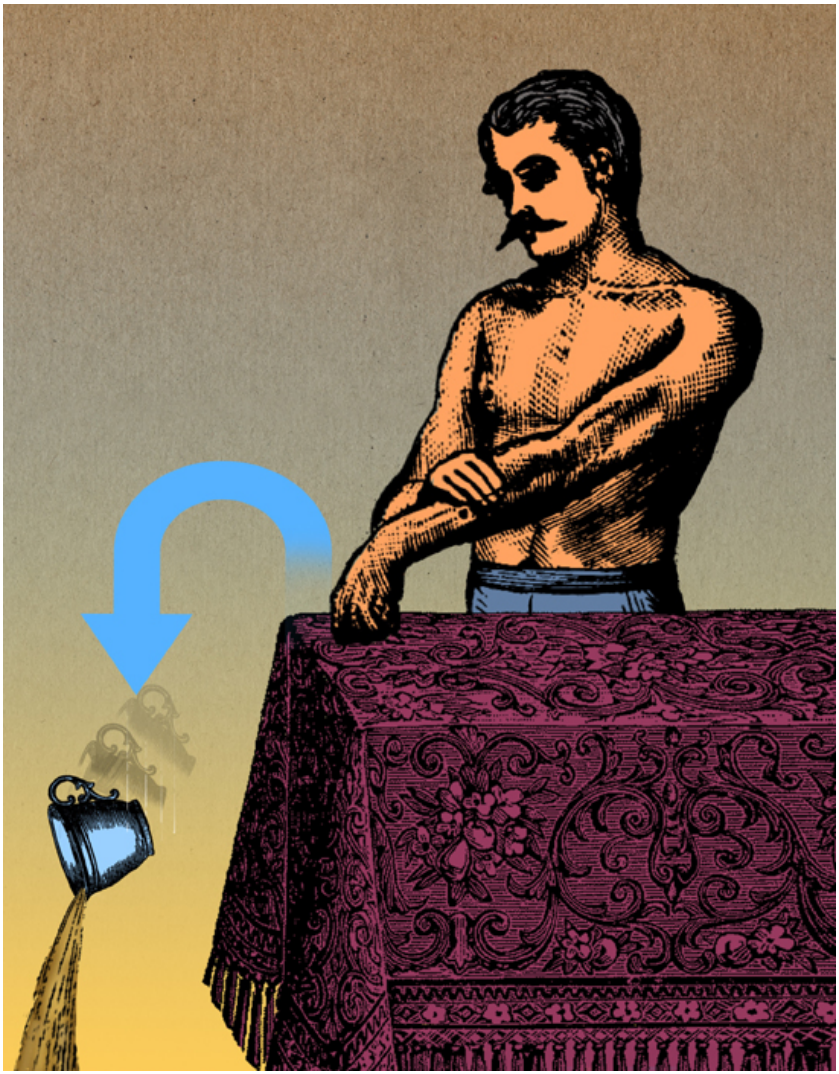
STANLEY KUBRICK

1928–1999

Metteur en scène du film *Dr Folamour* – comment connaissait-il le symptôme?

TEXTE EN 30 SECONDES

Jamie Ward



Ce n'était pas moi, c'était ma main étrangère qui l'a fait. Je sais que c'était ta tasse préférée. Je vais chercher un seau et un balai.

COGNITION & ÉMOTION

COGNITION & ÉMOTION

GLOSSAIRE

Amygdale Complexe de noyaux (neurones) situé dans la région antéro-interne du lobe temporal, en avant de l'hippocampe, d'environ la taille et de la forme d'une amande. L'amygdale fait partie du système limbique et est impliquée dans la reconnaissance et l'évaluation des émotions, spécialement dans l'apprentissage des associations notables sur le plan émotionnel. Les émotions aversives, comme la peur, dépendent particulièrement de l'amygdale.

Aphasie de Broca (et aphasie de Wernicke) Les aphasies sont des troubles de la production (Broca) ou de la compréhension (Wernicke) du langage. Elles sont associées au dommage subi par différentes aires du cerveau linguistique.

Cortex cérébral Terme désignant la matière grise périphérique (appelée ainsi en raison de l'absence de myélinisation qui fait paraître blanches les autres parties du cerveau) des hémisphères cérébraux, plissée par des sillons de profondeurs variables et représentant environ deux tiers du volume global du cerveau. Le cortex cérébral est divisé en lobes (frontal, pariétal, temporal et occipital), chacun ayant des fonctions différentes, dont la perception, la réflexion, le langage, l'action et autres processus cognitifs «supérieurs» tels que la prise de décisions. Ses zones fonctionnelles sont appelées «aires».

Cortex insulaire Situé au fond du sillon latéral et encerclé par un sillon circulaire marquant la séparation des lobes temporaux, pariétaux et frontaux. Il participe à la détection et à la représentation de l'état interne du corps (l'«intéroception») et est de plus en plus associé aux expériences émotionnelles conscientes et au sentiment du moi.

Cortex orbitofrontal Partie des lobes frontaux située directement au-dessus et derrière les orbites. Le cortex orbitofrontal est impliqué dans les processus affectifs et motivationnels, particulièrement en rapport avec la prise de décisions.

Cortex préfrontal Partie antérieure du lobe frontal, associée aux fonctions cognitives supérieures, comme la métacognition, la planification et la prise de décisions complexes, la mémoire et les interactions sociales. Collectivement, ces opérations sont parfois désignées par le terme «fonctions exécutives».

Hippocampe Zone dont la forme suggère celle de l'animal homonyme, située au tréfonds du lobe temporal. L'hippocampe est associé à la formation et la consolidation des souvenirs; soutient aussi la navigation spatiale. Les dommages dans cette zone peuvent déboucher sur une amnésie profonde, spécialement quant aux souvenirs épisodiques (autobiographiques).

Hypothèse des marqueurs somatiques Conçue par Antonio Damasio, cette théorie souligne le rôle des émotions dans la prise de décisions. Elle prône que les décisions complexes se basent sur la perception des états corporels (marqueurs somatiques), qui représentent la valeur émotionnelle des différentes options.

Introspection Acte d'observer ou d'examiner ses propres états mentaux. L'introspection est un exemple clé de métacognition.

Lobe frontal Une des quatre divisions principales du cortex cérébral, la plus développée chez l'homme en comparaison d'autres animaux. Le lobe frontal (un pour chaque hémisphère) abrite des zones associées à la prise de décisions, à la planification, à la mémoire, à l'action volontaire et à la personnalité.

Lobe temporal Dernière des quatre divisions principales du cortex cérébral. Situé dans la partie latérale et inférieure du cerveau, ce lobe est très impliqué dans la reconnaissance des objets, la formation des souvenirs et leur stockage, le langage. L'hippocampe se trouve dans sa partie médiane (le lobe temporal médian).

Neurones Cellules nerveuses, unité fonctionnelle de base du système nerveux. Les neurones effectuent les opérations basiques du cerveau, recevant les influx nerveux des autres neurones *via* les dendrites, et – en fonction du motif ou de la force de ces influx – renvoyant ou non un influx nerveux. Les neurones présentent différentes variétés mais (presque) tous ont des dendrites, un corps cellulaire (soma) et un seul axone.

Système limbique Terme ancien se référant à un ensemble de structures cérébrales impliquées dans l'émotion, la motivation et la mémoire. Parmi celles-ci, on trouve l'amygdale, l'hippocampe, certains noyaux thalamiques et des régions spécifiques du cortex.

LE CERVEAU QUI SE SOUVIENT

Le Cerveau en 30 secondes

Dans les années 1950, un jeune homme, Henry Molaison, souffrait d'épilepsie. Les médecins avaient opté pour l'ablation de ses lobes temporaux, tenus pour la source de ses symptômes. Cela a effectivement traité ses crises, mais à un prix exorbitant. Bien que sa mémoire à court terme (sa capacité à retenir l'information pendant quelques secondes ou minutes) soit en grande partie intacte, il était incapable de former de nouveaux souvenirs permanents. Son esprit n'a donc jamais dépassé les années 1950, et aussi souvent qu'il visitait une nouvelle personne ou un endroit, ceux-ci n'étaient jamais familiers. Les études de tels patients ont déterminé la manière dont les lobes temporaux médians (spécialement l'hippocampe) transforment les souvenirs à court terme en souvenirs permanents, la majeure partie du reste des lobes temporaux agissant comme un entrepôt à long terme. Même dans ces aires de stockage, une fragmentation plus importante existe, plaçant dans une région distincte (le pôle temporal) les souvenirs sémantiques (comme quelle est la capitale de l'Italie) et distribuant plus largement à travers le cortex temporal les souvenirs des événements passés. Les preuves montrent aussi que des processus différents prennent place quand nous avons un sentiment de vague familiarité pour un événement passé ou quand nous nous rappelons avec certitude quelque chose à son sujet. Ces processus sont effectués par des parties différentes des lobes temporaux médians.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Plusieurs parties distinctes du cerveau assument des fonctions mémorielles spécialisées, selon le contenu (connaissance contre événements passés) ou les processus (souvenir contre familiarité).

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Le cortex préfrontal, régulièrement associé à la réflexion complexe, est aussi impliqué dans tous les processus mémoriels. Ce rôle reflète le besoin humain d'effectuer diverses opérations sophistiquées reposant sur la mémoire, comme générer et utiliser des stratégies pour récupérer les souvenirs faibles et évaluer si une information vaut réellement la peine d'être retenue. En obéissant aux instructions d'oublier quelque chose, l'activité préfrontale s'accroît à mesure que l'activité du lobe temporal s'affaiblit.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

APPRENTISSAGE HEBBIEN

NEUROPSYCHOLOGIE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

BRENDA MILNER

1918–

Première scientifique à étudier Henry Molaison

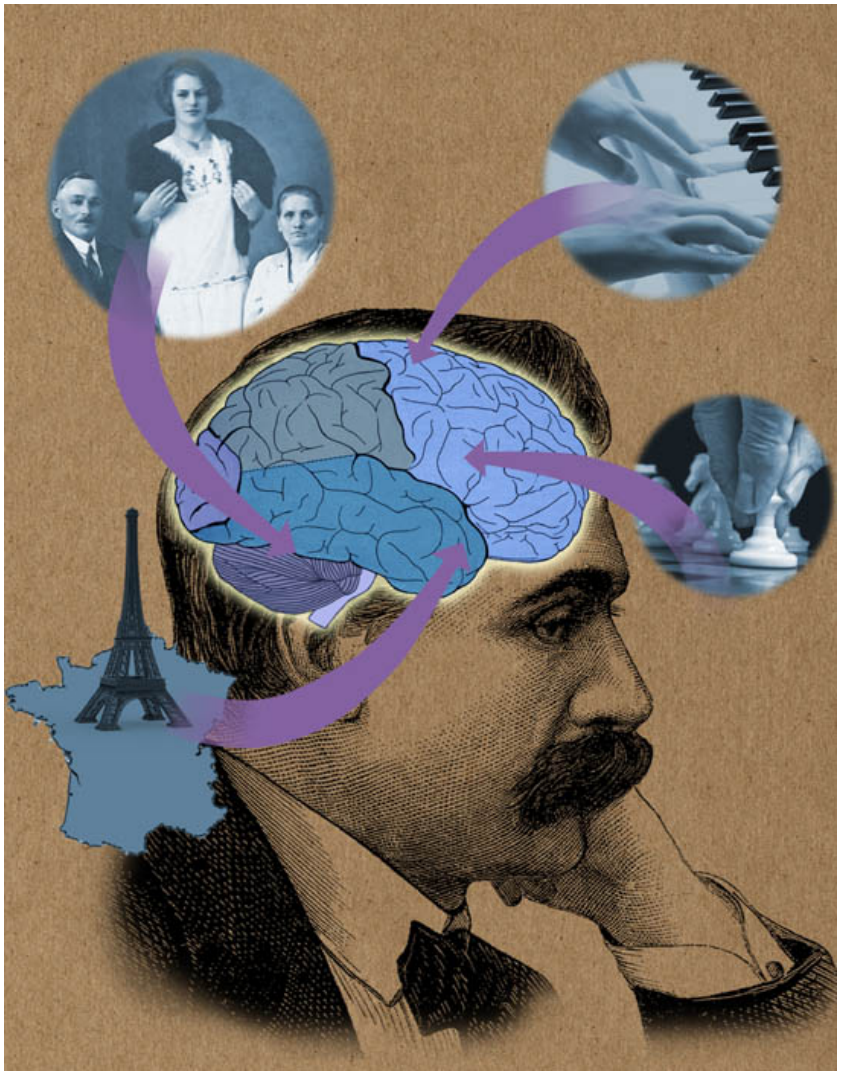
ENDEL TULVING

1927–

Pionnier de la recherche concernant la mémoire permanente

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Comment ai-je fait ce mouvement aux échecs? Votre cerveau dispose d'un emplacement spécifique pour chaque fonction mémorielle.

LE CERVEAU ÉMOTIONNEL

Le Cerveau en 30 secondes

En vous promenant dans les bois, vous apercevez un ours. La peur vous traverse et, en un instant, vous êtes prêt à vous sauver. On peut penser que la vue de l'ours déclenche le sentiment de peur, qui conduit à la décharge d'adrénaline vous préparant à fuir (ou à combattre, si vous êtes courageux). Toutefois, les choses ne sont pas aussi simples, comme William James (et indépendamment Carl Lange) l'a prôné il y a plus d'un siècle. Selon eux, une émotion (comme la peur) est le résultat de la perception des modifications physiologiques, pas leur cause – nous avons peur parce que notre corps se prépare à agir d'une manière particulière, pas l'inverse. Bien que controversée, cette idée a passé l'épreuve du temps; on accepte maintenant que les émotions sont profondément dépendantes de la manière dont le cerveau et le corps réagissent l'un à l'autre. À ce jour, les recherches se penchent sur le mécanisme cérébral concerné. Une région importante est l'amygdale, complexe de noyaux en forme d'amande situé dans le lobe temporal médian, qui contribue à la consolidation des souvenirs des expériences émotionnelles. L'endommagement de l'amygdale conduit à la diminution des réactions émotionnelles, spécialement à la disparition de la peur. Bien d'autres aires cérébrales sont aussi impliquées, dont le cortex orbitofrontal, qui lie l'émotion et la prise de décisions, et le cortex insulaire, qui surveille l'état physiologique du corps.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

«Je tremble, donc j'ai peur.» L'émotion est la réponse dépendant du contexte des modifications de l'état physiologique du corps.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

L'émotion ne dépend pas uniquement des modifications physiologiques du corps, mais aussi de leur contexte. Schachter et Singer ont injecté à des volontaires de l'adrénaline, alors qu'un acteur présent dans la pièce mettait en scène la colère ou l'euphorie. Les uns ont éprouvé de l'euphorie, les autres, de la colère. Chose capitale, ceux qui ont été informés quant aux effets physiologiques de l'adrénaline n'ont pas éprouvé ces émotions. Ces constatations ont confirmé la théorie des «deux facteurs»: une émotion éprouvée dépend de la manière dont le cerveau interprète les modifications se produisant dans le corps.

INTELLIGENCE LIÉE

CONSCIENCE INCARNÉE

PRISE DE DÉCISIONS

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

WILLIAM JAMES

1842–1910

Auteur, avec Carl Lange, de la théorie prônant que l'émotion traduit une réponse aux modifications physiologiques

STANLEY SCHACHTER

1922–1997

Auteur, avec Jerome Singer, d'expériences originales montrant que l'expérience émotionnelle dépend du contexte

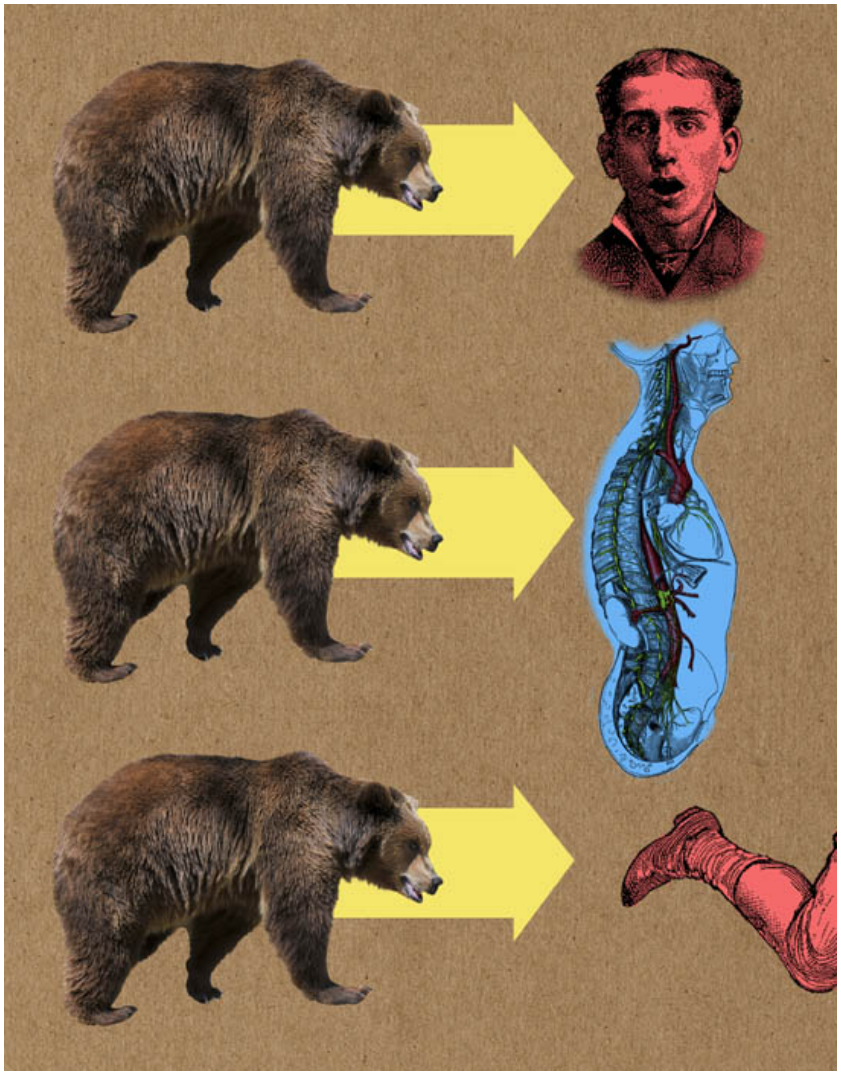
ANTONIO DAMASIO

1944–

Auteur de l'«hypothèse des marqueurs somatiques», qui a consolidé l'étude des émotions

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



Vous n'êtes pas effrayé par l'ours. Votre cœur s'emballe et vous avez des sueurs froides parce que votre corps vous prépare aux options combattre/ se sauver.

LE CERVEAU IMAGINATIF

Le Cerveau en 30 secondes

Pour Einstein, l'imagination était plus importante que la connaissance. L'homme semble manier particulièrement bien ce talent mental étonnant. Par exemple, si vous fermez les yeux et imaginez un chat noir sautant par-dessus une barrière verte en bois, vous générerez probablement quantité de détails. Mais l'imagination est-elle un processus spécial, distinct de la perception, ou est-elle étroitement entrelacée avec nos sens? Les preuves désignent largement cette dernière option. Par exemple, R.V. avait subi un dommage des centres cérébraux de vision de la couleur, provoquant l'équivalent cérébral de la cécité à la couleur. Quand on lui demandait d'imaginer la neige, il était incapable de déterminer quelle était la couleur de celle-ci. Un autre patient ayant subi des dommages cérébraux était incapable de percevoir ou d'imaginer le visage de célébrités. Les scanners cérébraux ont élargi de manière extraordinaire l'étude de ce domaine, en montrant, par exemple, que l'imagination auditive est capable d'activer l'aide auditive, comme si les mêmes sons étaient réellement entendus. Évoquer des images effrayantes suffit à activer le centre cérébral de la peur, l'amygdale. Du point de vue de l'évolution, toute partie du cerveau responsable de l'expérience directe peut être cooptée pour contribuer à l'imagination.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'imagination est un talent humain puissant qui, au lieu de se reposer sur un réseau neuronal spécialisé, dépend entièrement des aires sensorielles existantes.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Adrian Owen a révolutionné l'étude des patients en état végétatif. Il a montré que certains de ces patients sont mal diagnostiqués – ils sont complètement paralysés mais ont toujours une conscience active. Owen a testé son hypothèse en posant des questions lors d'une IRMf, auxquelles le patient répondait «oui» par imagerie motrice (qui active l'aire motrice) et «non» par imagerie spatiale (activant le para-hippocampe). Donc, l'imagination offrait à ces patients leur unique chance de s'exprimer.

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

NEUROPSYCHOLOGIE

POURQUOI VOYONS-NOUS LES COULEURS

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

STEPHEN KOSSLYN

1948–

Psychologue, neuroscientifique cognitif, connu pour son travail sur l'imagerie mentale; il prône que l'imagination est composée de plusieurs processus différents

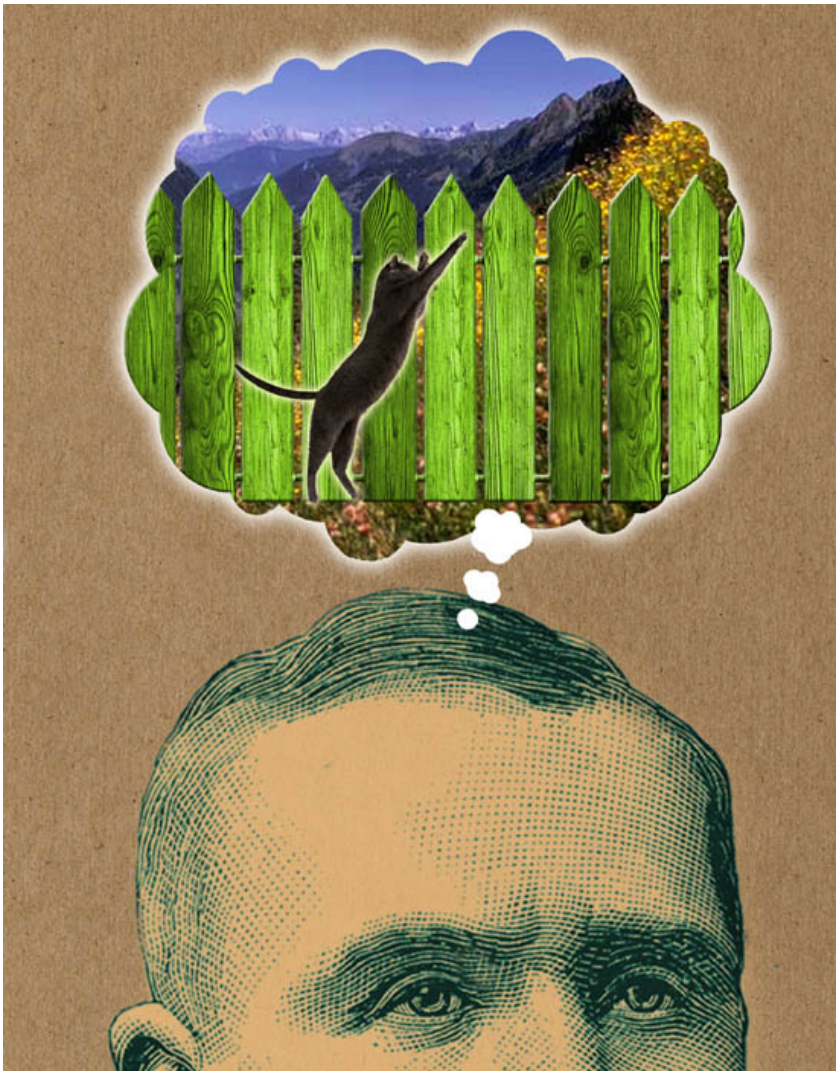
MARTHA FARAH

1955–

Neuropsychologue, l'une des premières à étudier des patients dépourvus de perception et d'imagination dans des domaines spécifiques

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Imaginez simplement ce que je pourrais imaginer si j'avais vécu une vie plus remplie et obtenu davantage de données excitantes à utiliser.

PAUL BROCA

Enfant prodige (bac en littérature, mathématique et physique à 16 ans, diplôme de médecin à 20 ans), Paul Broca, médecin, chirurgien et anatomiste, a passé toute sa vie à Paris. Sa position de libre penseur, partisan de la théorie de Darwin, et son intérêt pour l'anthropologie (il a fondé la Société d'anthropologie de Paris en 1859) lui ont créé des problèmes avec les autorités de l'Église et de l'État, sans l'empêcher cependant de mener une vie publique couronnée de succès; élu au Sénat, il est devenu membre de l'Académie de médecine et a reçu la Légion d'honneur.

Bien qu'il ait apporté de nombreuses contributions importantes à d'autres domaines de la médecine (dont cancer, mortalité infantile, santé publique), il est resté dans l'histoire en tant que neuroanatomiste. Broca a été le premier à décrire les traces de trépanation découvertes sur des crânes du néolithique; on lui doit de grandes avancées dans l'anthropométrie crânienne et l'anatomie comparée du cerveau, qui ont fourni des données inestimables quant à son poids et à sa taille.

Broca est mieux connu à ce jour pour avoir été le premier à trouver des preuves physiques fiables, répétables, de l'emplacement d'une fonction dans le cerveau, ouvrant la voie aux recherches sur la latéralisation cérébrale. Franz-Joseph Gall (mort alors que Broca était âgé de 4 ans) avait soutenu l'idée de la phrénologie, théorie affirmant que les différentes parties du cerveau donnent naissance à des émotions, humeurs et actions distinctes. Théoricien, il reposait ses déductions sur le crâne, et non sur le cerveau que celui-ci renferme. En 1861, après avoir assisté à une conférence d'Ernest Aubertin, partisan de l'idée de la fonction localisée, spécialement de la parole, Broca s'était mis à en chercher les preuves dans le cerveau. En tant que professeur de chirurgie clinique à l'université de Paris, il avait accès à plusieurs hôpitaux. Dans l'un d'entre eux, il avait trouvé M. Leborgne, patient aphasique incapable de formuler des paroles (bien que sa compréhension soit intacte). À la mort de Leborgne, Broca a effectué son autopsie et découvert des lésions sur son lobe frontal gauche. Des autopsies sur un nombre statistiquement significatif de patients similaires ont confirmé ses résultats. C'était la première preuve documentée de la localisation des fonctions cérébrales et du fait que les deux hémisphères opéraient différemment l'un de l'autre (l'hémisphère droit était intact chez les corps autopsiés). Cette aire a été nommée «aire de Broca» par le neurologue écossais David Ferrier.

Les IRM effectuées sur le cerveau de Leborgne (gardé au musée de l'Homme de Paris) indiquent qu'il pourrait y avoir davantage que des lésions, ce qui ne diminue en rien la contribution de Broca à la neuroanatomie.

28 juin 1824
Naît à Sainte-Foy-la-Grande (Gironde, France)

1844
Diplômé de l'École de médecine de l'Hôtel-Dieu, Paris

1848
Prosecteur à l'École de médecine de l'université de Paris et secrétaire de la Société anatomique

1848
Fondateur de la Société des libres penseurs, favorable à la théorie de Darwin

1853
Professeur agrégé de clinique médicale à l'Hôpital de la Pitié et chirurgien des Hôpitaux de Paris

1856
Publié *Traité des anévrismes et leur traitement*

1859
Effectue la première opération chirurgicale d'Europe utilisant l'hypnose pour l'anesthésie

1859
Fonde la Société d'anthropologie de Paris; publie *L'Ethnologie de la France*

1861
Effectue l'autopsie de M. Leborgne, montrant que celui-ci présentait des lésions du lobe frontal gauche, localisant l'aire cérébrale produisant la parole

1865
Publie *Instructions générales pour la recherche anthropologique*

1867–1868
Élu à la chaire de Pathologie externe de la Faculté de médecine de l'université de Paris, puis professeur de chirurgie clinique

1872
Fonde *La Revue d'anthropologie*

1875
Publie *Instructions craniologiques et craniométriques*

1876
Fonde l'École d'anthropologie

9 juillet 1880
Décède à Paris

LE CERVEAU LINGUISTIQUE

Le Cerveau en 30 secondes

Le cerveau humain a la capacité unique d'utiliser le langage pour décrire des situations originales. Les relations entre les symboles et leur signification sont apprises dans un contexte culturel spécifique; elles ne sont pas héritées comme les traits biologiques tels que la couleur des yeux. Pourtant, le cerveau humain semble montrer une prédisposition à l'apprentissage du langage, capacité innée soutenue par des aires cérébrales spécialisées chez l'homme. L'«aire de Broca» située dans la partie inférieure de la 3e circonvolution frontale, joue un rôle central dans le traitement de la syntaxe, de la grammaire et de la structure de la phrase. Les patients présentant des dommages dans cette région montrent des symptômes d'aphasie expressive (appelée aussi aphasie de Broca), caractérisée par l'incapacité à formuler des phrases grammaticalement correctes. L'«aire de Wernicke», située dans la première circonvolution temporale, est impliquée, quant à elle, dans la compréhension du langage. L'endommagement de cette région résulte dans des déficits de compréhension du langage écrit et parlé – symptôme appelé aphasie sensorielle (ou aphasie de Wernicke). Ces aires du langage sont directement liées l'une à l'autre *via* de longs axones – le faisceau arqué – et comportent le cœur du cerveau linguistique, essentiellement dans l'hémisphère gauche.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La compréhension et la production du langage sont traitées par des aires cérébrales distinctes de l'hémisphère gauche.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les premières années de vie sont critiques pour l'apprentissage d'un premier langage. Les enfants sauvages, qui n'ont pas été en contact avec le langage, ne développent pas de capacités linguistiques plénières. Ils peuvent apprendre des mots, mais leur syntaxe n'atteint jamais un niveau normal. Le second langage appris durant cette période critique est traité dans les mêmes aire de Broca et aire de Wernicke que le premier langage, alors que des régions différentes de l'aire de Broca sont utilisées pour un second langage appris après la puberté.

INTELLIGENCE LIÉE

L'EMPLACEMENT D'UNE FONCTION

NEUROPSYCHOLOGIE

CERVEAU GAUCHE CONTRE CERVEAU DROIT

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

PAUL BROCA

1824–1880

Anatomiste et anthropologue (voir ici et ici)

CARL WERNICKE

1848–1905

Neurologue allemand, découvreur des lésions sur la première circonvolution temporale provoquant des déficits de compréhension du langage

TEXTE EN 30 SECONDES

Ryota Kanai

L'aire de Broca est la même dans le cerveau de l'homme et de la femme. La mauvaise communication entre les sexes prend place dans une partie tout à fait différente du cerveau.

MÉTACOGNITION

Le Cerveau en 30 secondes

À quelle fréquence pensez-vous à la réflexion? Le cerveau humain ne transforme pas simplement les signaux sensoriels en activités, il peut aussi évaluer la qualité de ses expériences de perception, questionner la fiabilité de sa mémoire et surveiller les résultats de ses actions. Cette capacité d'accéder aux états mentaux internes grâce à l'introspection est la «métacognition». Nous faisons spontanément usage de cette faculté métacognitive dans la vie quotidienne. Un exemple est l'évaluation de notre confiance lors d'un choix. Quand vous passez un examen, vous êtes sûr de répondre à certaines questions, mais moins sûr quant à d'autres. La métacognition n'est pas importante seulement pour surveiller la manière dont nous apprenons une nouvelle information, mais aussi pour communiquer nos expériences subjectives à d'autres. Lorsque vous décidez quoi commander au restaurant, vous réfléchissez spontanément à l'expérience de la nourriture pour prendre une décision. Dans le cadre des expériences scientifiques, la métacognition est souvent utilisée comme test de présence de la perception consciente ou d'un souvenir explicite, car nous ne pouvons pas faire une introspection sur l'information traitée inconsciemment. Les études actuelles désignent la partie antérieure du cortex préfrontal – région particulièrement élargie chez l'homme au fil de son évolution – comme la clé du traitement métacognitif.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La métacognition se réfère à la conscience de ses propres pensées, souvenirs et actions à la suite d'une introspection. Littéralement, cognition sur la cognition.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les animaux connaissentils l'introspection? Quelles sont les différences entre le cerveau des animaux capables de métacognition et celui de ceux qui n'en sont pas capables? Les preuves de métacognition chez les animaux sont testées en examinant si ceux-ci adaptent leur comportement selon la fiabilité de leur décision. Certains – comme les macaques, les dauphins et les rats – montrent des signes de métacognition en effectuant une tâche exigeant perception ou souvenir. D'autres, comme les pigeons, n'en montrent aucun.

INTELLIGENCE LIÉE

PRISE DE DÉCISIONS

NEURONES MIROIRS

LE CERVEAU QUI MÉDITE

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

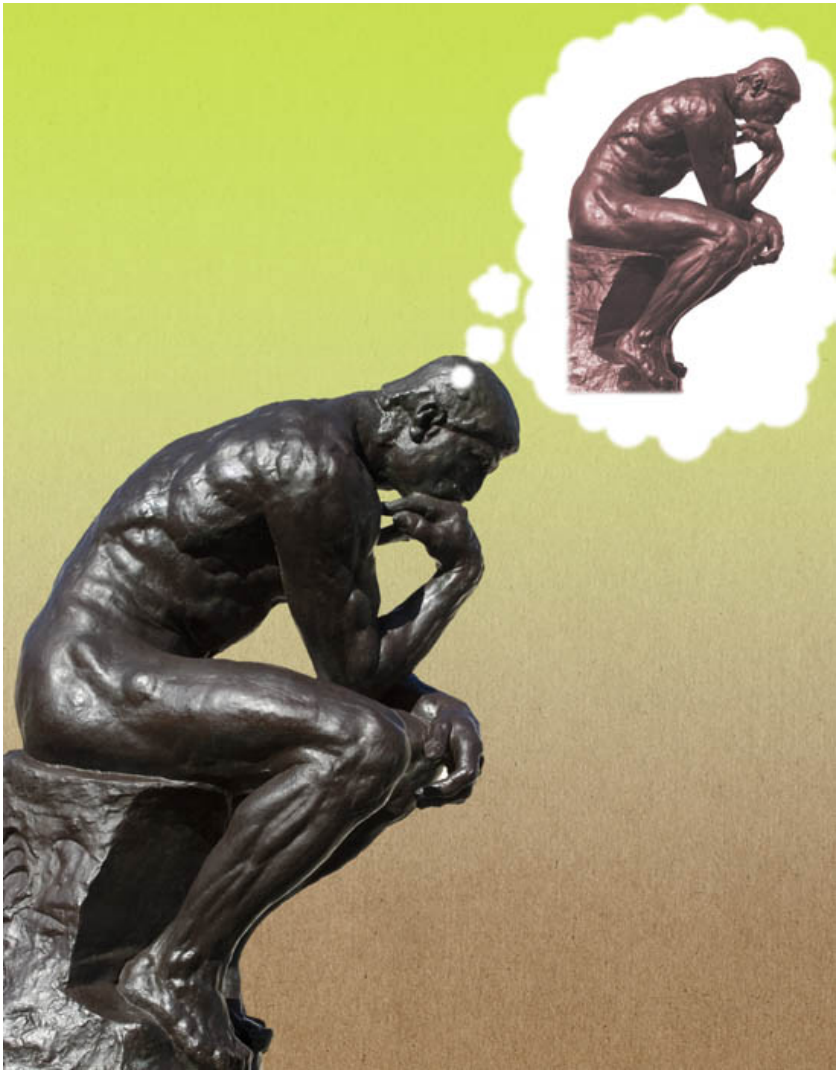
JOHN FLAVELL

1928–

Psychologue développementaliste américain qui a fait de la métacognition un domaine de recherche

TEXTE EN 30 SECONDES

Ryota Kanai



Je pense, donc je réfléchis. Cela semble être une capacité particulièrement humaine. Rodin a réussi à capter un homme en «flagrante cogito».

PRISE DE DÉCISIONS

Le Cerveau en 30 secondes

Depuis le conducteur de char de Platon domptant le cheval de la passion au ça instinctif de Freud supprimé par l'ego, une longue tradition a vu la raison et l'émotion opposées l'une à l'autre. Pour traduire cette perspective en termes de neuroscience, on peut imaginer que la prise réussie de décisions dépend des lobes frontaux rationnels contrôlant les instincts animaux montant des régions cérébrales émotionnelles qui ont évolué en premier (dont le système limbique, situé au tréfonds du cerveau). La vérité est cependant différente – la prise efficace de décisions n'est pas possible sans la motivation et la signification fournies par les données émotionnelles. Considérons «Elliott», le patient d'Antonio Damasio. Précédemment homme d'affaires couronné de succès, Elliott a été opéré d'une tumeur cérébrale et a perdu une partie de son cerveau – le cortex orbitofrontal – qui connecte les lobes frontaux aux émotions. Devenu un véritable Mr. Spock dépourvu d'émotions, au lieu de se montrer parfaitement rationnel, il a été paralysé pour la moindre décision. Damasio a développé par la suite l'hypothèse des marqueurs somatiques afin de décrire la manière dont les émotions viscérales étayent nos décisions. Par exemple, il a montré que dans une partie de cartes, les doigts des joueurs transpirent avant de tirer une mauvaise carte, avant même qu'ils le réalisent au niveau conscient.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les sentiments fournissent la base de la raison – le cerveau endommagé, privé d'émotions, a du mal à prendre les décisions les plus simples.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les émotions sont nécessaires pour prendre des décisions. Cela signifie que nous ne sommes pas les agents rationnels froids pour lesquels l'économie traditionnelle nous prend. Par exemple, Daniel Kahneman et Amos Tversky ont démontré que l'impact émotionnel négatif des pertes est deux fois plus intense que l'effet positif des gains, ce qui affecte notre prise de décisions de manière prévisible. En premier lieu, cela explique notre répugnance obstinée à abandonner les mauvais investissements.

INTELLIGENCE LIÉE

VOLITION, INTENTION & «LIBRE ARBITRE»

MANQUER L'ÉVIDENT

LE CERVEAU ÉMOTIONNEL

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

DANIEL KAHNEMAN

1934–

Pionnier de la psychologie de la prise de décisions; a publié en 2011 un best-seller sur ses recherches: *Système 1, système 2: les deux vitesses de la pensée*

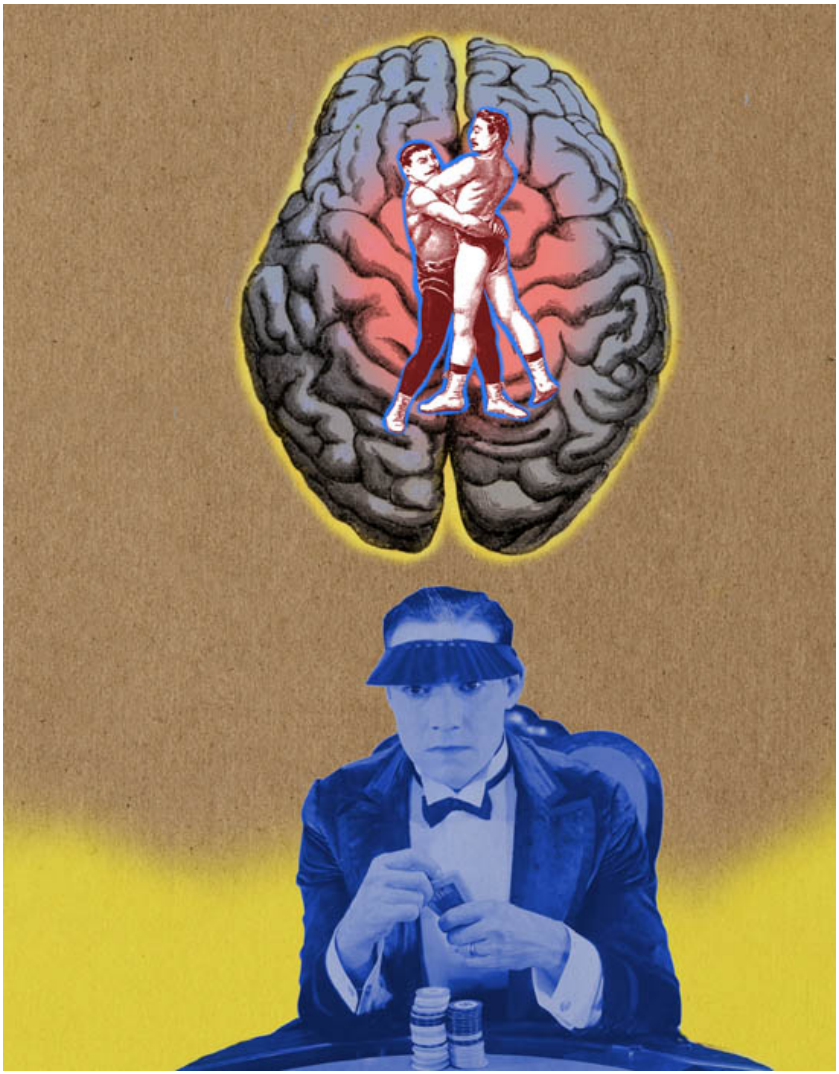
ANTONIO DAMASIO

1944–

Neurologue, écrivain et chercheur, basé à l'université de la Californie du Sud (États-Unis)

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett



Continuer ou me coucher? Comment pourrais-je prendre une décision rationnelle avec ces deux types utilisant mes lobes frontaux comme un ring de catch?

NEURONES MIROIRS

Le Cerveau en 30 secondes

Les neurones miroirs ont été découverts par hasard dans les années 1990 au cours des études menées dans le laboratoire de Giacomo Rizzolatti de l'université de Parme (Italie). L'équipe de Rizzolatti enregistrait l'activité électrique des neurones moteurs de la partie antérieure du cerveau des singes, dont on connaît l'implication dans la planification et l'exécution des mouvements corporels. La révélation est arrivée quand un chercheur a tendu la main pour prendre quelques raisins, gourmandise pour les singes. À leur surprise, les chercheurs ont constaté que les cellules motrices des singes s'étaient activées, comme si ceux-ci avaient effectué le même mouvement. Autrement dit, ces cellules semblaient avoir des propriétés de miroir – elles avaient été activées durant l'exécution d'une action et par la vue de quelqu'un d'autre effectuant cette même action. Pendant des années, on a tenté de confirmer la présence des neurones miroirs chez l'homme – chose difficile, car enregistrer les neurones individuels chez l'homme est trop invasif. En 2010, une équipe dirigée par Roy Mukamel a réussi à enregistrer des centaines de neurones chez des épileptiques. Les chercheurs ont identifié un sous-ensemble de cellules pareilles à des miroirs dans le cortex frontal, qui réagissaient quand les patients effectuaient un geste donné de la main ou arboraient une expression faciale et quand ils regardaient une un vidéo de quelqu'un d'autre effectuant ces mêmes actions.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Les neurones miroirs s'activent quand nous effectuons une action ou voyons quelqu'un la faire.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

La découverte des neurones miroirs a suscité un grand intérêt chez les neuroscientifiques et au-delà de ce domaine, surtout parce que certains experts affirmaient que ceux-ci étaient la source de la compassion humaine. Cette idée est controversée. Une objection évidente est que nous sommes tout à fait capables de comprendre des actions telles que la reptation et le vol, que nous sommes incapables d'effectuer. La suggestion sur le fait que l'autisme serait causé par un système de neurones miroirs «défectueux» manque de base scientifique.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES GLIALES

COMMENT SAISIT-ON UNE TASSE DE CAFÉ

LE CERVEAU IMAGINATIF

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

GIACOMO RIZZOLATTI

1937–

Chercheur, chef de file de l'université de Parme, où les neurones miroirs ont été découverts

V. S. RAMACHANDRAN

1951–

Neuroscientifique et écrivain influent, renommé pour ses affirmations hardies concernant les neurones miroirs (dont l'idée qu'ils feront pour la psychologie ce que l'ADN a fait pour la biologie)

TEXTE EN 30 SECONDES

Christian Jarrett

Ce n'est pas juste. Mes neurones ont travaillé aussi dur que ceux de Dwayne, mais je ne vois aucun raisin sec tombant dans mon bol.

LE CERVEAU QUI CHANCE

LE CERVEAU QUI CHANCE

GLOSSAIRE

Amygdale Collection de faisceaux de neurones (noyaux) dans les profondeurs des lobes temporaux moyens du cortex cérébral, d'environ la taille et la forme d'une noisette. L'amygdale fait partie du système limbique et est impliquée dans le traitement des émotions, spécialement dans l'apprentissage des associations notables sur le plan émotionnel. Les émotions aversives, comme la peur, dépendent particulièrement de l'amygdale.

Cortex préfrontal Partie antérieure du lobe frontal, associée aux fonctions cognitives supérieures, comme la métacognition, la planification et la prise de décisions complexes, la mémoire et les interactions sociales. Collectivement, ces opérations sont parfois désignées par le terme «fonctions exécutives».

Démence Perte de la faculté cognitive à un point qui entrave la capacité à fonctionner d'une personne. Définie par la perte de mémoire, elle est accompagnée par d'autres troubles. Il y a bien des formes de démence, dont la plus connue est la maladie d'Alzheimer. La plupart des cas de démence sont dus à la dégénérescence des réseaux neuronaux et sont généralement irréversibles.

Hippocampe Zone dont la forme suggère celle de l'animal homonyme, située au tréfonds du lobe temporal. L'hippocampe est associé à la formation et à la consolidation des souvenirs; il soutient aussi la navigation spatiale. Les dommages dans cette zone peuvent déboucher sur une amnésie profonde, spécialement quant aux souvenirs épisodiques (autobiographiques).

Mémoire spatiale Type particulier de mémoire impliquant l'information concernant notre propre emplacement et orientation, nécessaires pour nous diriger. La mémoire spatiale dépend de l'hippocampe, situé dans le lobe temporal médian. Chez les rats, des neurones spécifiques de l'hippocampe – cellules de lieu – s'activent uniquement quand l'animal se trouve dans un endroit particulier de son environnement, faisant intervenir la notion de «carte cognitive».

Phéromones Signaux chimiques sécrétés par les animaux, agissant comme des signaux pour leurs congénères. Les phéromones ont des rôles multiples chez les animaux sociaux, dont donner l'alarme, favoriser la réunion et aider la navigation en marquant les chemins suivis.

Synapses Jonctions entre neurones, liant l'axone de l'un à la dendrite d'un autre. Les synapses assurent la séparation physique des neurones. La communication à travers les synapses se produit soit chimiquement, *via* les

neurotransmetteurs, soit électriquement.

Système olfactif Partie du cerveau parmi les plus anciennes du point de vue de l'évolution. Le système olfactif sous-tend le sens de l'odorat; il est moins bien développé chez l'homme que chez d'autres animaux. Les signaux des cellules sensorielles olfactives nasales sont transportés vers le bulbe olfactif situé au tréfonds du cerveau. L'olfaction et le goût sont distincts des autres sens, car ils réagissent à la stimulation chimique.

Système proprioceptif La proprioception se réfère à la position des diverses parties du corps et de leur tonus, en relation avec la situation du corps. Elle est distincte de l'extéroception (les sens classiques dirigés vers le monde externe) et de l'intéroception (le sens de l'état interne du corps). Comme d'autres voies sensorielles, le système proprioceptif implique une voie partant de la périphérie sensorielle vers des parties spécifiques du cerveau, en passant par le thalamus.

Théorie de la comparaison Théorie influente quant aux dysfonctionnements cognitifs sous-tendant la schizophrénie. Introduite par Irwin Feinberg et notablement développée par Chris Frith, elle prône que les illusions – spécialement les illusions de contrôle – ont pour origine les échecs de distinguer correctement les sensations autogénérées et les sensations à cause externe.

NEUROGENÈSE & NEUROPLASTICITÉ

Le Cerveau en 30 secondes

La neurogenèse peuple de neurones le cerveau en train de se développer. La neuroplasticité adapte les neurones et les réseaux à l'environnement sensoriel en constant changement. Pendant la majeure partie du XXe siècle, on a pensé que la neurogenèse ne prenait place qu'avant la naissance et au cours de la petite enfance, après quoi la structure du cerveau se figeait. Actuellement, on sait que la neurogenèse modifie le cerveau durant toute la vie, les nouveaux neurones formant de nouvelles synapses, incorporées dans les réseaux existants. Toutefois, on comprend encore mal l'activation de la neurogenèse et sa signification fonctionnelle. Une exception est la neurogenèse dans l'hippocampe adulte (centre de formation de la mémoire spatiale), qui se voit stimulée lorsqu'on apprend un parcours dans un nouvel environnement. Une fois incorporés, les nouveaux neurones de l'hippocampe et leurs synapses contribuent à la mémoire spatiale et font même s'accroître l'hippocampe. Le lien entre l'exercice d'une fonction cérébrale et l'accroissement de la région soutenant cette fonction a été montré par la découverte que les conducteurs de taxi londoniens ont un hippocampe élargi. Il est rassurant de savoir que le cerveau reste réactif et capable de changer d'un bout à l'autre de la vie. Exercez-le et vous pouvez vous attendre à devenir plus âgé (inévitable) *et* plus sage (facultatif).

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La neurogenèse et la neuroplasticité permettent au cerveau de s'adapter aux différentes demandes qu'on lui impose à diverses étapes de la vie.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Les souris mâles dominantes émettent des phéromones qui activent la neurogenèse dans le bulbe olfactif et l'hippocampe de la souris femelle. Les nouveaux neurones influencent le choix d'un partenaire de la femelle, la poussant à montrer une forte préférence pour les mâles dominants. Il reste à déterminer si quelque chose de similaire se produit dans le cerveau humain. Toutefois, chez l'homme, comme chez la souris, le bulbe olfactif et l'hippocampe sont des sites de neurogenèse adulte significative.

INTELLIGENCE LIÉE

NEURONES & CELLULES CLIALES

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

LE CERVEAU QUI SE SOUVIENT

LE CERVEAU VIEILLISSANT

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

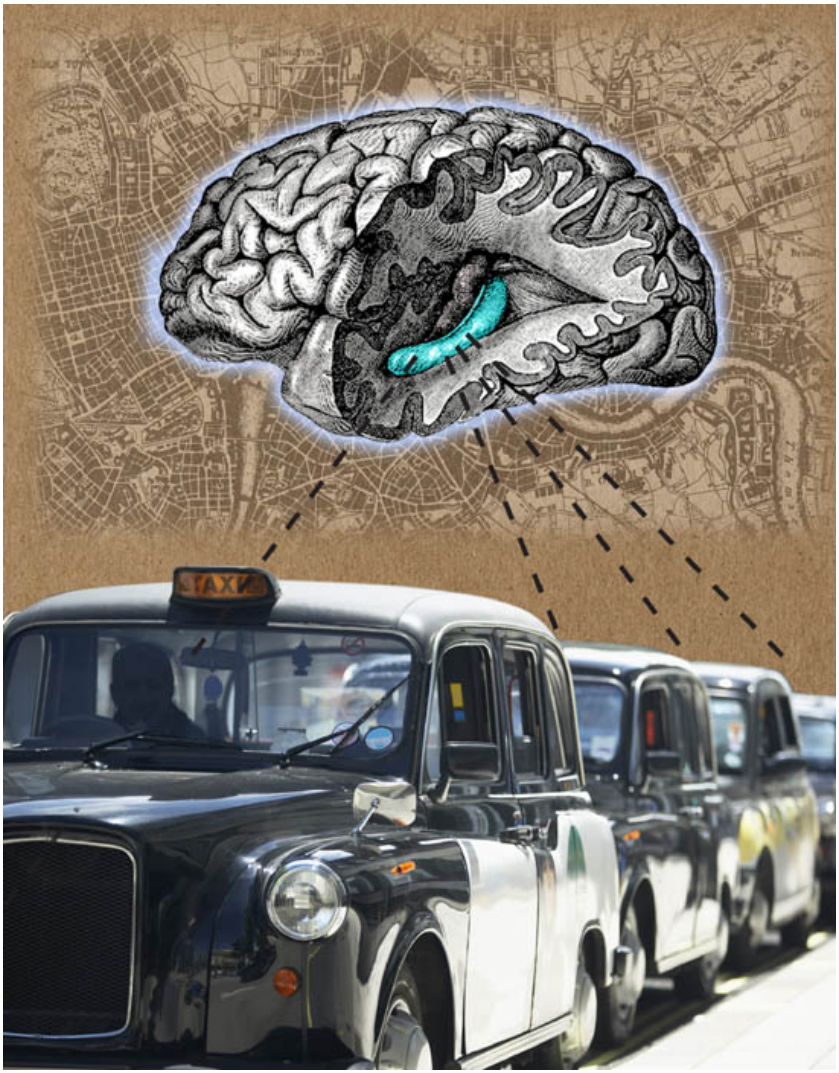
JOSEPH ALTMAN

1925–

Découvreur de la neurogenèse dans le cerveau mammalien adulte dans les années 1960, travail largement ignoré à l'époque

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea



L'hippocampe, le GPS du cerveau, peut actualiser et élargir son programme de découverte d'un trajet durant toute la vie adulte; bonne nouvelle pour les conducteurs de taxis.

ENTRAÎNER LE CERVEAU

Le Cerveau en 30 secondes

La prémisse à l'arrière-plan de l'entraînement du cerveau est que celui-ci est pareil à un muscle et qu'un exercice mental régulier conduit à des gains de performance cognitive générale, en plus de protéger contre l'atrophie. Le concept est intuitif, car il n'y a pratiquement pas de théories scientifiques l'étayant. En fait, des preuves sérieuses montrent que l'entraînement cérébral est illusoire pour la plupart des gens. Par exemple, une étude à grande échelle mise en ligne par Adrian Owen a impliqué plus de 11 000 participants âgés de 18 à 60 ans, qui se sont entraînés pendant six semaines à diverses tâches de mémoire et de raisonnement. Bien que la performance aux tâches soumises à l'entraînement se soit améliorée, les tâches similaires exemptes d'entraînement n'ont pas montré d'amélioration. C'est probablement parce que les adultes du XXIe siècle ont une vie déjà assez compliquée et sont constamment «entraînés» par le besoin de comprendre ordinateurs, smartphones et jeux vidéo, sans oublier le sudoku et les mots croisés qu'apprécient tellement de gens. Un récent paradigme basé sur l'entraînement en laboratoire a montré quelques promesses, mais il implique la tâche difficile de garder simultanément à l'esprit deux courants différents d'information. Non seulement la performance s'est formidablement accrue au fil des semaines d'entraînement à cet exercice extrême, mais le QI l'a fait aussi, particulièrement pour ceux qui ont débuté dans la gamme inférieure de QI.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Entretenir vos capacités cérébrales grâce à l'exercice mental semble sensé, mais est peu étayé par des preuves scientifiques – du moins, à ce jour.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Bien que les adultes normaux bénéficient d'un entraînement cérébral minimal, de timides preuves montrent que cette pratique est bonne pour divers troubles, dont les troubles de l'attention, les premières phases de la maladie d'Alzheimer et même la schizophrénie. On ne sait pas avec certitude pourquoi l'entraînement cérébral agit dans ces cas, mais certains symptômes cliniques émergent d'une capacité mémorielle particulièrement faible, que l'entraînement cérébral fait revenir à un niveau presque normal.

INTELLIGENCE LIÉE

NEUROGENÈSE & NEUROPLASTICITÉ

LE CERVEAU VIEILLISSANT

LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

LE CERVEAU QUI MÉDITE

BIOGRAPHIE EN 3 SECONDES

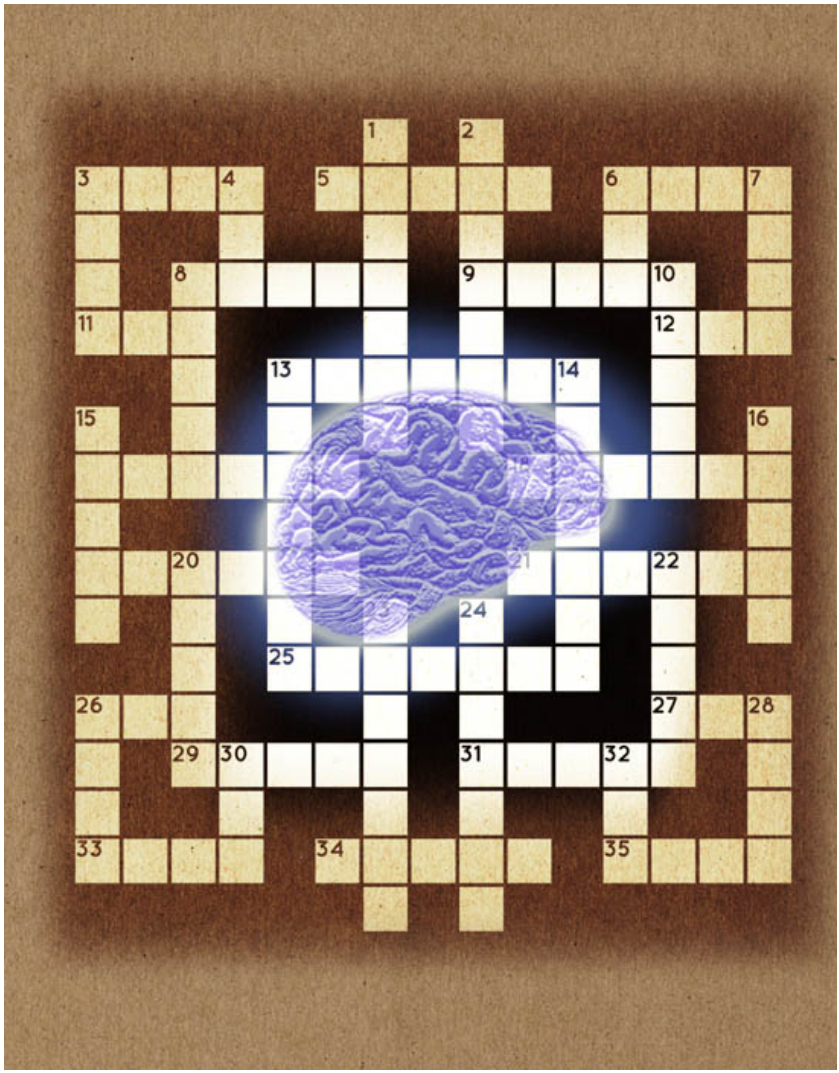
ADRIAN OWEN

1966–

A mis en lumière l'utilisation limitée des techniques standard d'entraînement du cerveau

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Une séance de mots croisés par jour peut faire de vous un champion cruciverbiste, mais ne vous aidera pas pour la physique quantique.

LA PERSONNALITÉ DU CERVEAU

Le Cerveau en 30 secondes

Qui êtes-vous? Vous êtes différent des autres; même les jumeaux génétiquement indifférenciables ne sont pas nés identiques. Un complexe réseau d'influences environnementales, génétiques et développementales se combine pour façonner les diverses parties de votre corps – votre cerveau y étant spécialement sensible. Ces influences peuvent s'exercer avant même la naissance – durant la grossesse, une modification de la composition du liquide amniotique à la suite de la prise d'alcool, de drogues ou aux changements de régime alimentaire peut conduire plus tard dans la vie à des changements majeurs du comportement et de la personnalité. Au cours d'un développement normal, les gens – et leur cerveau – sont réceptifs à une large gamme d'influences environnementales, incluant, de façon critique, celles dues aux relations avec les autres. Ces variations du développement du cerveau coïncident avec les modifications des connexions des réseaux neuronaux, au cœur des différences de personnalité que la neuroscience commence juste à débrouiller. Le degré auquel nous sommes névrosés, extravertis ou intelligents semble être associé à la taille et à la forme de notre cerveau et à l'activité dans ses diverses aires. Par exemple, l'amygdale, structure cérébrale de la taille d'une amande, élément clé du traitement de la peur, est hyperactive chez les personnes anxieuses ou très phobiques. Plus l'anxiété est forte, plus l'activité de l'amygdale est intense quand la personne aperçoit un visage effrayant.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Vous êtes votre cerveau. Votre personnalité émerge de l'interaction des différents réseaux cérébraux, façonnés par les gènes et l'histoire personnelle.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Une manière de mesurer les différences individuelles de la structure cérébrale significative pour la personnalité est la morphométrie basée sur le voxel. Celle-ci quantifie les différences subtiles du volume cérébral des individus, qui peuvent être liées à des facettes distinctes de la personnalité. Par exemple, une étude récente d'un échantillon de gens a montré que le volume cérébral dans le sillon temporal supérieur postérieur prédisait le degré de solitude. Pas encore «explication» de l'isolement, ce sillon est cependant lié au traitement des signaux sociaux, qui semblent très significatifs.

INTELLIGENCE LIÉE

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

IMAGERIE CÉRÉBRALE

ENTRAÎNER LE CERVEAU

LE CERVEAU VIEILLISSANT

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

HANS EYSENCK

1916–1997

Concepteur du cadre théorique concernant la personnalité et le cerveau

RYOTA KANAI

1977–

Pionnier, avec Geraint Rees, du lien entre neuro-imagerie et différences individuelles, démontré grâce à la morphométrie basée sur le voxel

TEXTE EN 30 SECONDES

Tristan Bekinschtein

Macbeth se trompait. Nous apprenons qu'il y a, somme toute, un art permettant de trouver la construction mentale sur un visage. Désolé, Shakespeare.

LE CERVEAU VIEILLISSANT

Le Cerveau en 30 secondes

À mesure de l'accumulation des années, vous risquez de vous plaindre à vos amis et parents plus alertes, tout en mélangeant leurs noms, que votre cerveau n'est plus ce qu'il était. Malheureusement, c'est un exemple où la science renforce lourdement nos intuitions: le processus général de vieillissement est au moins aussi brutal sur notre cerveau que sur le reste de notre corps. À la naissance, nous commençons notre vie avec un contingent complet de neurones, mais le nombre des connexions les liant explose au cours des quinze premiers mois de vie et continue à augmenter fortement jusqu'à la fin de l'adolescence. Le cerveau a cependant déjà atteint son apogée, et à partir de là il ne peut que décliner. Bien que certaines régions cérébrales déclinent plus vite que d'autres, à chaque décennie de notre vie adulte nous perdons en moyenne environ 10 % de notre matière grise et blanche. Reflétant cela, nos pouvoirs de raisonnement, tels que mesurés par des tests non verbaux de QI, sont à leur maximum au début de la vingtaine avant de décliner ensuite régulièrement. Comme si cela n'était pas assez déprimant, au cours de nos dernières décennies, notre cerveau, capable d'une grande longévité, finit par se montrer particulièrement sensible à diverses maladies, dont la maladie d'Alzheimer est la plus connue. Après 65 ans, la maladie d'Alzheimer est de plus en plus répandue; plus de 40 % des personnes âgées de plus de 85 ans en souffrent.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

L'inconvénient d'un tel cerveau est son déclin au cours des dernières années, quand le cortex s'amincit et que nous devenons de plus en plus sensibles à la démence.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Un rayon d'espoir vient des preuves récentes désavouant l'idée que la neurogenèse, la formation de nouveaux neurones, ne se produit pas à l'âge adulte. La neurogenèse a été observée dans le bulbe olfactif, responsable de l'odorat, et l'hippocampe, région critique pour la formation de la mémoire. Toutefois, comme tout le reste, la neurogenèse ralentit à mesure que nous vieillissons. Une question clé pour la recherche est de savoir si ce processus peut être maîtrisé en vue de combattre la maladie d'Alzheimer et d'autres troubles cérébraux liés au vieillissement.

INTELLIGENCE LIÉE

LE DÉVELOPPEMENT DU CERVEAU

NEUROGENÈSE & NEUROPLASTICITÉ

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

ALOIS ALZHEIMER

1864–1915

Neuropathologiste, découvreur de la maladie d'Alzheimer

JOHN MORRISON

1952–

Neuroscientifique, spécialiste du vieillissement du cerveau

LISBETH MARNER

1974–

Neuropathologiste, a mis en lumière les changements de la matière blanche liés à l'âge

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor

«La vieillesse n'est pas faite pour les poules mouillées», selon Bette Davis, elle-même citant H. L. Mencken. De toutes les décennies de l'homme (et de la femme), la septième est la plus cruelle.

LE CERVEAU PARKINSONIEN

Le Cerveau en 30 secondes

Des troubles neurodégénératifs, seule la maladie d'Alzheimer dépasse en prévalence la maladie de Parkinson affectant 1 % des personnes âgées de plus de 60 ans et 4 % de celles de plus de 80 ans. Il n'y a pas de traitement et sa cause n'est pas connue. Les premiers signes – perte de l'odorat, insomnie, constipation, dépression, tremblement d'un pouce – précèdent le diagnostic de quelques années. Par la suite, le tremblement des bras, la lenteur du mouvement, l'instabilité posturale, la rigidité, la faiblesse musculaire et la posture voûtée s'installent. Pour finir, environ 20 % des malades souffrent de démence. La maladie de Parkinson entraîne une dégénérescence progressive des neurones qui, en bonne santé, libèrent de la dopamine aux parties du cerveau impliquées dans le contrôle du mouvement. Celle-ci entrave l'exécution du mouvement volontaire. Des médicaments arrivent à gérer ces symptômes et ralentissent la progression de la maladie. Cependant, tous les symptômes ne sont pas expliqués par ce mécanisme. À un stade avancé, lorsque les médicaments deviennent inefficaces, l'implantation d'un stimulateur cérébral peut s'avérer bénéfique. Un remède reposant sur la transplantation de cellules souches ou la thérapie génique reste un espoir lointain. Il serait plus bénéfique d'identifier les signes subtils apparaissant des années avant un diagnostic. Introduire des traitements dès les premiers stades de la maladie peut prévenir sa progression.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La maladie de Parkinson est une maladie affaiblissante affectant le mouvement et l'humeur, où les neurones contenant de la dopamine subissent dégénérescence et mort. On ne connaît pas sa cause; il n'y a pas de traitement connu.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

La recherche sur la maladie de Parkinson progresse sur plusieurs fronts. La prévention de la dégénérescence des neurones grâce à des agents contre la mort cellulaire montre quelques promesses, tout comme l'utilisation des virus pour introduire des gènes thérapeutiques dans des régions cérébrales spécifiques. Les recherches sur les cellules souches animales visent à remplacer les neurones morts chargés de dopamine par de nouvelles cellules transplantées dans les aires cérébrales motrices.

INTELLIGENCE LIÉE

NEUROTRANSMETTEURS & RÉCEPTEURS

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

JAMES PARKINSON

1755–1824

Premier à documenter soigneusement les symptômes de la paralysie agitante (1817)

JEAN-MARTIN CHARCOT

1825–1893

Auteur de la proposition de renommer cette maladie en l'honneur de James Parkinson

ARVID CARLSSON

1923–

A déterminé le rôle crucial de la diminution de la dopamine dans le cas de la maladie de Parkinson

TEXTE EN 30 SECONDES

Michael O'Shea

La maladie de Parkinson efface progressivement les neurones responsables de la coordination motrice, produisant le mouvement saccadé caractéristique et les mouvements lents des personnes souffrant de cette affection.

ROGER SPERRY

Ernest Rutherford a fissionné l'atome en 1917. Quarante ans plus tard, dans un travail qui a eu un effet presque identique dans un tout autre domaine, Roger Sperry a effectivement «fissionné» le cerveau, révélant les fonctions, les limitations, la coopération et les différences des deux hémisphères et établissant les bases des nouvelles théories du mental et de la cartographie du cerveau.

Sperry a débuté sa vie académique en étudiant la littérature anglaise et en pratiquant les sports à l'Oberlin College (Ohio). L'un de ses cours facultatifs était l'«Introduction à la psychologie», qui allait rapidement devenir son principal intérêt. Après avoir obtenu sa licence, il a obtenu des diplômes en psychologie et zoologie (à l'université de Chicago), avant d'effectuer des recherches postdoctorales à Harvard. Après une période comme professeur associé à Chicago – dans les facultés d'anatomie, de psychologie et de maladies neurologiques – il a été débauché par le California Institute of Technology, où il est devenu professeur de psychobiologie jusqu'à sa retraite.

Les premières recherches de Sperry se sont concentrées sur les connexions cérébrales et la spécificité neurale. Ses expériences ont montré que les nerfs spécifiques à certaines activités (la vue ou la locomotion, par exemple) ne peuvent pas se dérouter eux-mêmes pour reproduire leur fonction originale s'ils sont transplantés; de ce point de vue, le système nerveux des mammifères semble incapable de se modifier ou de s'adapter de lui-même. Ces découvertes ont prouvé de manière concluante que le développement des voies neuronales se produit *via* des codes chimiques complexes sous contrôle génétique, idée de base de la neurobiologie moderne.

Au cours d'un congé sabbatique forcé (après un diagnostic de tuberculose), Sperry a commencé à réfléchir au corps calleux – le pont unissant les deux hémisphères cérébraux –, structure dont nul ne comprenait vraiment la fonction. «Dédoubler» le cerveau en tranchant cette structure atténuait les symptômes de l'épilepsie sans provoquer de déficience apparente. Le travail de Sperry avec les patients au «cerveau dédoublé» a montré que les deux hémisphères travaillent indépendamment mais en coopération; sans le corps calleux les unissant, leur comportement évoque celui de deux cerveaux distincts dans une seule tête. Ces recherches ont été le fer de lance d'une série de découvertes sur la latéralisation de la fonction cérébrale – par exemple, le langage est d'habitude (mais pas toujours) latéralisé à l'hémisphère gauche. Sperry a aussi spéculé que les patients au «cerveau dédoublé» pouvaient avoir deux consciences distinctes, existant simultanément. Le travail de Sperry lui a valu le prix Nobel de physiologie ou de médecine en 1981 et l'a fait réfléchir à une théorie du mental (selon laquelle la conscience est une fonction émergente de l'activité neuronale). Pour lui, c'était là sa plus importante contribution à la neurobiologie.

20 août 1913
Naît à Hartford (Connecticut, États-Unis)

1935
Licence à l'Oberlin College (Ohio)

1937
Maîtrise de psychologie

1941
Doctorat de zoologie de l'université de Chicago sous la direction de Paul Weiss

1941–1946
Recherches postdoctorales à Harvard

1942
Travaille au Yerkes Laboratories of Primate Biology

1942–1945
Fait partie du OSRD Medical Research Unit on Nerve Injuries

1946
Professeur associé d'anatomie à l'université de Chicago

1949
Tuberculeux, est envoyé à Adirondacks pour traitement

1952–1953
Professeur associé de psychologie à l'université de Chicago; chef de section pour les Maladies neurologiques et la cécité à l'Institut national de la santé

1954
Professeur de psychobiologie au California Institute of Technology

1965
Publie le premier d'une série d'articles proposant une nouvelle théorie du mental

1972
Scientifique de l'année de Californie

1981

Colauréant du prix Nobel de physiologie ou médecine «pour ses découvertes concernant la spécialisation fonctionnelle des hémisphères cérébraux»

1984

Prend sa retraite, mais reste professeur honoraire de psychobiologie au California Institute of Technology

1989

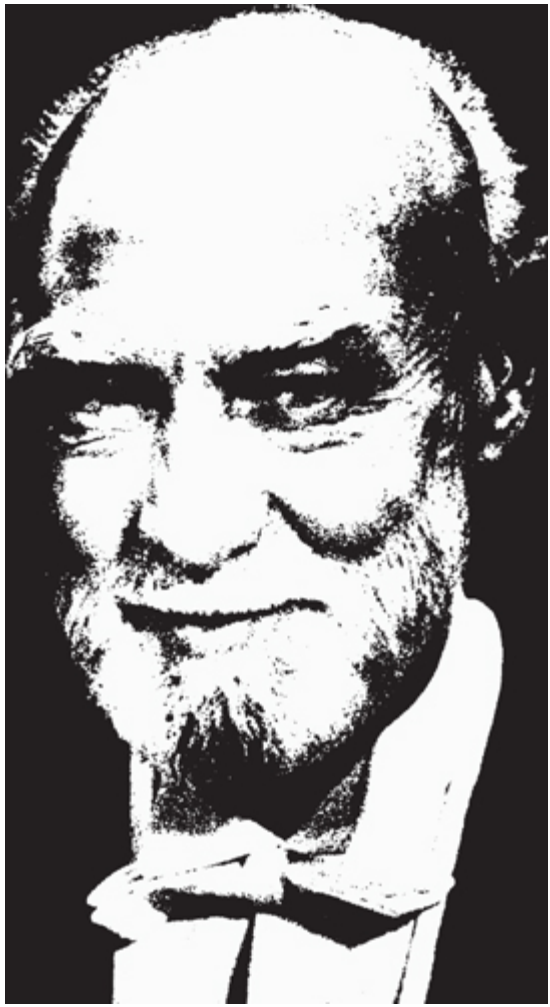
Reçoit la médaille nationale de la Science

1991

Lifetime Achievement Award de l'American Psychological Association

17 avril 1994

Décède des suites d'une sclérose latérale amyotrophique



LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

Le Cerveau en 30 secondes

Environ 0,7 % de la population souffrira de schizophrénie à un quelconque moment de sa vie. Au contraire de quelques idées reçues, ses principales caractéristiques ne sont pas les personnalités multiples ou le dédoublement de personnalité, mais une combinaison de symptômes «négatifs», dont abattement et manque de motivation, et de symptômes «positifs» incluant hallucinations, fausses idées, délires paranoïdes, réflexion et discours désorganisés. «L'insertion de pensées» – l'impression que ses pensées n'appartiennent pas à soi – est parmi les symptômes les plus difficiles. Bien que la base cérébrale de la schizophrénie ne soit pas bien comprise, quelques théories prometteuses existent. La théorie de la comparaison_propose que le cerveau schizophrénique a du mal à distinguer entre sensations autogénérées et sensations à cause externe. Par exemple, lorsqu'on fait un mouvement, le cerveau prédit ses conséquences sensorielles, de sorte qu'on perçoit le mouvement comme causé par soi-même. Si ces prédictions vont de travers, le cerveau attribue faussement le contrôle à une quelconque source externe, conduisant à une «illusion de contrôle». Récemment, cette théorie a été élargie pour expliquer les hallucinations perceptives, partant de l'idée que les perceptions reposent aussi sur des prédictions. Autrement dit, les schizophrènes, à la différence de la plupart des gens, sont capables de se chatouiller eux-mêmes.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

La schizophrénie implique des hallucinations, de fausses idées et des insertions de pensée. Ces symptômes émergent d'un échec à combiner correctement les attentes et les nouvelles preuves.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

Plusieurs gènes ont été associés à la prédisposition à la schizophrénie, dont le COMT (catéchol-O-méthyltransférase), impliqué dans la décomposition de la dopamine (neurotransmetteur participant à l'apprentissage reposant sur la prédiction). L'identification de telles cibles génétiques peut ouvrir de nouvelles possibilités de diagnostic et de traitement. Toutefois, il n'y a pas de lien simple entre gènes et états mentaux, car de telles affections impliquent des réseaux complexes de causes génétiques et psychosociales.

INTELLIGENCE LIÉE

LE CERVEAU BAYÉSIEN

VOLITION, INTENTION & «LIBRE ARBITRE»

SYNDROME DE LA MAIN ÉTRANGÈRE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

EUGEN BLEULER

1857–1939

Psychiatre suisse, contemporain de Freud, inventeur du terme «schizophrénie»

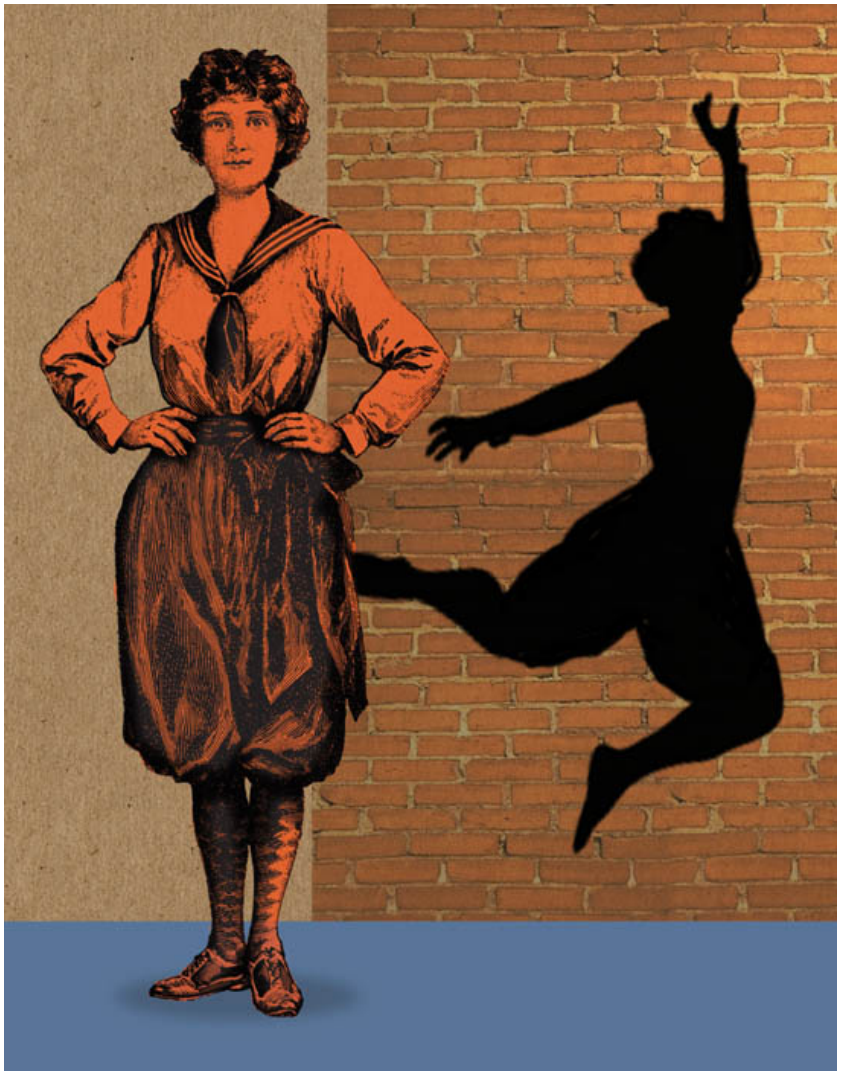
CHRIS FRITH

1942–

Pionnier de la neuroscience étudiant la schizophrénie

TEXTE EN 30 SECONDES

Anil Seth



La plupart d'entre nous font la différence entre ce que nous faisons et ce qui vient à nous de l'extérieur; les schizophrènes ont du mal avec cela, se sentant constamment pris en embuscade par différentes parties d'eux-mêmes.

LE CERVEAU QUI MÉDITE

Le Cerveau en 30 secondes

L'essence de la méditation implique de s'habituer à être aussi conscient que possible d'aussi peu de choses que possible. À la différence de l'entraînement cérébral, les preuves montrent que la méditation a des effets profonds sur les pensées, les émotions et le cerveau. Par exemple, chez les personnes méditant depuis longtemps, l'amygdale (région cérébrale associée à l'anxiété ou la peur) rétrécit et le cortex préfrontal (région associée aux formes supérieures de traitement cognitif et d'intelligence) s'élargit. Ces personnes semblent par ailleurs être protégées de la démence, car la méditation fait s'élargir les régions cérébrales liées à la réflexion complexe et à la mémoire. L'activité du cortex préfrontal devient également plus efficace grâce à la méditation, si bien qu'il faut moins d'effort pour accomplir de façon optimale une tâche donnée. À long terme, la méditation implique une série de tâches d'attention, de mémoire et de traitement spatial. La perception semble elle aussi modifiée, les méditants expérimentés étant capables de détecter des stimuli plus faibles et se montrant plus immunes à certaines illusions visuelles. La méditation réduit même le besoin de sommeil. Comme elle atténue le stress, la méditation est de plus en plus utilisée en tant qu'outil clinique, soulageant la douleur chronique, la dépression, l'anxiété, la schizophrénie et d'autres affections.

ONDE CÉRÉBRALE EN 3 SECONDES

Dans la population normale, la méditation a un effet profond sur le cerveau, apaise les émotions, stimule la cognition et peut aider à traiter une série de maladies mentales.

BRAINSTORMING EN 3 MINUTES

On n'a pas à passer des années dans une méditation intense avant de voir un quelconque bénéfice. Une étude a découvert que seulement quatre séances de méditation suffisent pour accroître la capacité mémorielle. Une autre étude a montré que cinq séances accroissaient la performance lors d'une tâche exigeant de l'attention pour régler un conflit. En même temps, seulement cinq séances sont aussi nécessaires pour atténuer le sentiment d'anxiété, de colère et de fatigue d'une personne.

INTELLIGENCE LIÉE

NEUROGENÈSE & NEUROPLASTICITÉ

ENTRAÎNER LE CERVEAU

LE CERVEAU VIEILLISSANT

LE CERVEAU SCHIZOPHRÉNIQUE

BIOGRAPHIES EN 3 SECONDES

JON KABAT-ZINN

1944–

Pionnier de l'utilisation de la méditation pour les malades

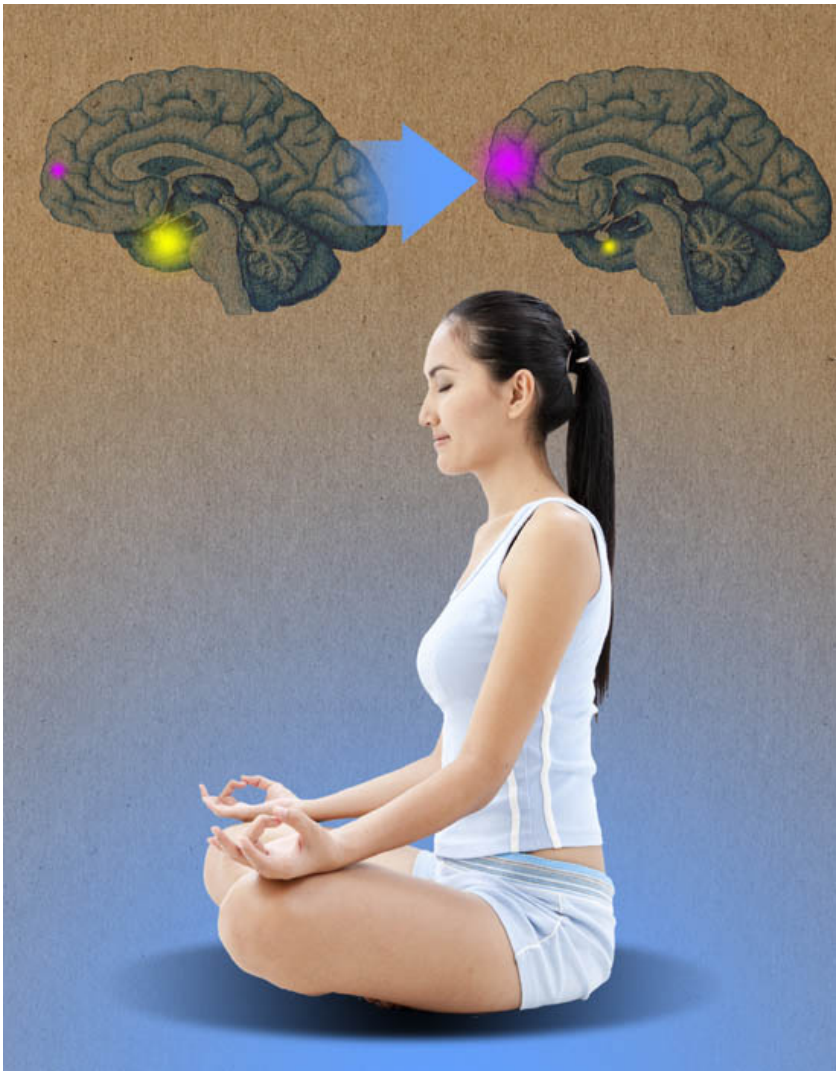
SARA LAZAR

1965–

Importantes études liant la méditation à des modifications du cerveau

TEXTE EN 30 SECONDES

Daniel Bor



Respirez. Réduisez cette amygdale, fortifiez ce cortex préfrontal. Il n'y a pas d'inconvénient à la méditation. Om.

RESSOURCES

LIVRES

Atlas du cerveau
Rita Carter
(Autrement, 1999)

Comment le cerveau crée notre univers mental
Chris Frith
(Odile Jacob, 2010)

L'Erreur de Descartes: la raison des émotions
Antonio Damasio
(Odile Jacob, 2010)

Incognito: les vies secrètes du cerveau
David Eagleman
(R. Laffont, 2013)

L'Homme qui prenait sa femme pour un chapeau
Oliver Sacks
(Éd. du Seuil, 1992)

The Brain: A Very Short Introduction
Michael O'Shea
(Oxford University Press, 2005)

Connectome: How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are
Sebastian Seung
(Mariner Books, 2013)

The Ego Tunnel: The Science of the Mind and the Myth of the Self
Thomas Metzinger
(Basic Books, 2010)

The Frog Who Croaked Blue: Synesthesia and the Mixing of the Senses
Jamie Ward
(Routledge, 2008)

The Oxford Companion to the Mind

Edited by Richard L. Gregory
(Oxford University Press, 2004)

Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind
V. S. Ramachandran
(William Morrow Paperbacks, 1999)

Pieces of Light: The New Science of Memory
Charles Fernyhough
(Profile Books, 2012)

The Ravenous Brain: How the New Science of Consciousness Explains our Insatiable Search for Meaning
Daniel Bor
(Basic Books, 2012)

The Rough Guide to the Brain
Barry Gibb
(Rough Guides, 2e édition, 2012)

The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist's Quest for What Makes Us Human
V. S. Ramachandran
(W. W. Norton & Company, 2012)

MAGAZINES
Cerveau & Psycho
www.cerveauetpsycho.fr

Scientific American Mind
www.scientificamerican.com/sciammind/

SITES WEB
(français)

Fédération pour la recherche sur le cerveau
www.frc.asso.fr

Centre de recherche cerveau & cognition
www.cerco.ups-tise.fr

Entraînement cérébral et jeux cognitifs
www.happyneuron.fr

Recherche sur le cerveau
www.icm-institute.org/cerveau

(anglais)
BrainFacts
www.brainfacts.org
Informations sur le cerveau et la neuroscience, sur le site de la Society for Neuroscience and partners.

BrainMyths
www.psychologytoday.com/blog/brain-myths
Légendes sur le cerveau et le mental, racontées par Christian Jarrett.

Frontiers in Neuroscience
www.frontiersin.org/neuroscience
Source open-access des dernières recherches dans le domaine de la neuroscience.

Mo Costandi's blog
www.guardian.co.uk/science/neurophilosophy
The Guardian, blog de neurophilosophie de Mo Costandi, neurobiologiste moléculaire et développemental devenu écrivain scientifique.

NeuroPod
www.nature.com/neurosci/neuropod/index.html
Podcast sur la neuroscience du prestigieux journal *Nature*.

The Sackler Centre for Consciousness Science
www.sussex.ac.uk/sackler
Site d'un groupe de recherche notable sur la conscience.

Scholarpedia
www.scholarpedia.org
Nombreux articles excellents sur la neuroscience.

Society for Neuroscience
www.sfn.org
La Society for Neuroscience est la plus grande organisation de scientifiques et de

médecins s'intéressant à la compréhension
du cerveau et du système nerveux.

Notes sur les contributeurs

Tristan Bekinschtein, biologiste et docteur en neurosciences de l'université de Buenos Aires (Argentine), a effectué son travail postdoctoral à Paris et à Cambridge. Actuellement chercheur au Wellcome Trust du Medical Research Council and University of Cambridge, il s'intéresse à la cognition et à la neurophysiologie. Ces quelques dernières années, il s'est surtout concentré sur la description des différents états de conscience tels que l'état de veille, le sommeil, la sédation et l'état végétatif. Son travail se penche surtout sur les transitions, sur la manière dont on perd conscience et on reprend ses esprits. Il publie des articles dans les grands journaux scientifiques, en plus de collaborer aux émissions de télé et de radio, ainsi qu'aux projets pour les médias impliquant la neuroscience et ce qui fait de nous des êtres humains.

Daniel Bor, neuroscientifique, est basé au Sackler Centre for Consciousness Science de l'université du Sussex. Il a précédemment travaillé à l'université de Cambridge, où il a obtenu par ailleurs un doctorat. Il a publié des articles scientifiques dans les journaux, dont *Science and Neuron*, traitant d'une diversité de sujets, y compris la fonction du lobe frontal, la conscience, l'intelligence, la mémoire, l'entraînement du cerveau, la synesthésie. Auteur d'un livre de vulgarisation scientifique sur la conscience, *The Ravenous Brain: How the New Science of Consciousness Explains our Insatiable Search for Meaning* (Basic Books, 2012), il a par ailleurs publié des articles sur la neuroscience et la psychologie pour divers magazines, comme *Scientific American Mind, New Scientist, Slate* et *Wired UK*. Pour plus d'informations, visitez son site web: www.danielbor.com ou suivez @DanielBor sur Twitter.

Chris Frith, pionnier de l'application de l'imagerie cérébrale à l'étude des processus mentaux, a été l'un des fondateurs du Wellcome Trust Centre for Neuroimaging de l'University College de Londres. Il étudie la cognition sociale, les hallucinations et les illusions associées aux troubles mentaux comme la schizophrénie. Il est entré à la Royal Society en 2000 et à la British Academy en 2008. Auteur de *Schizophrenia: A very short introduction* (OUP, 2003) et *Comment le cerveau crée notre univers mental* (Odile Jacob, 2010).

Christian Jarrett a été le rédacteur de l'ouvrage de cette collection portant sur la psychologie. Il est également l'auteur de *The Rough Guide to Psychology*, rédacteur du blog des recherches de la British Psychological Society, journaliste pour le magazine *The Psychologist*, blogger pour *Psychology Today* et un contributeur régulier au 99u.com, groupe de réflexion sur la créativité basé à New York. Suivez-le sur Twitter @Psych_Writer.

Ryota Kanai est neuroscientifique cognitif au Sackler Centre for Consciousness Science and School of Psychology de l'université de Sussex. Ses recherches se concentrent sur la compréhension de la base neuronale de l'expérience consciente. Il étudie la perception bistable, la métacognition, le lien entre

caractéristiques visuelles et perception du temps en utilisant la psychophysique, la neuro-imagerie et la stimulation cérébrale. Ses recherches ont été fréquemment présentées par les médias internationaux comme la BBC, *The Guardian, The New York Times, New Scientist*, et le podcast de *Nature*.

Michael O'Shea est professeur de neuroscience et codirecteur du Centre for Computational Neuroscience and Robotics de l'université du Sussex (Grande-Bretagne). Il a été précédemment professeur de l'université de Genève (Suisse), professeur associé à la Pritzker School of Medicine de l'université de Chicago et professeur assistant à l'université de la Caroline du Sud (États-Unis). Il a obtenu des bourses de recherche de l'Institut national de la santé et de l'OTAN à l'université de Cambridge et à l'université de Californie à Berkeley (États-Unis). Auteur de plus d'une centaine d'articles scientifiques, ainsi que du livre *The Brain: A Very Short Introduction* (Oxford University Press, 2005), il s'intéresse aux mécanismes moléculaires de la mémoire, aux signaux chimiques non synaptiques, à la robotique inspirée par la biologie, au problème difficile de la conscience. Il collectionne des instruments scientifiques anciens.

Anil Seth est professeur de neuroscience cognitive et computationnelle et codirecteur fondateur du Sackler Centre for Consciousness Science de l'université du Sussex. Il est également chercheur à l'Engineering and Physical Sciences Research Council Leadership et professeur associé à l'université d'Amsterdam (Pays-Bas). Rédacteur en chef de *Frontiers in Consciousness Research*, il a publié plus d'une centaine d'articles scientifiques et de chapitres de divers livres, a donné des conférences et écrit sur la neuroscience à l'intention du grand public. Ses recherches ont été couvertes par des médias importants, dont *The Guardian* et *New Scientist*. Pour plus d'informations, consultez www.anilseth.com ou Twitter @anilkseth.

Jamie Ward est professeur de neuroscience cognitive à l'université du Sussex. Il a obtenu des diplômes des universités de Cambridge et de Birmingham. Une grande partie de ses recherches a été consacrée à la compréhension des expériences de perception inhabituelles, notamment la synesthésie (comme savoir quelle musique peut déclencher les couleurs), en utilisant des méthodes telles que l'imagerie cérébrale, l'EEG et les tests cognitifs. Il est le rédacteur en chef de *Cognitive Neuroscience* et l'auteur de manuels importants (The *Student's Guide to Cognitive Neuroscience* et *The Student's Guide to Social Neuroscience*).

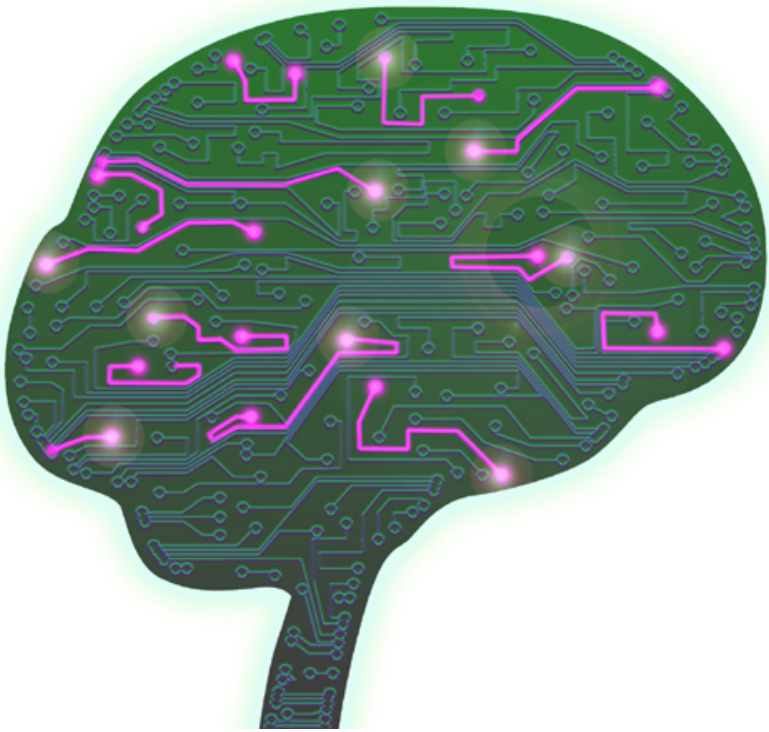
REMERCIEMENTS

CRÉDITS DES IMAGES
L'éditeur anglais remercie les personnes et les organisations suivantes pour leur permission gracieuse de reproduire les images de ce livre. Tous les efforts ont été faits pour préciser les copyrights; toutefois, nous nous excusons d'avance pour toute omission accidentelle.

Toutes les images de Shutterstock, Inc./www.shutterstock.com et Clipart Images/ www.clipart.com sauf mentions différentes.

Corbis/Alex Gotfryd: 110.
Getty Images/Hulton Archive: 148.
Ivan Hissey: 44.
Library of Congress Prints and Photographs Division
Washington, D.C.: 64.
Public Library of Science: 80.

REMERCIEMENTS DE L'AUTEUR
Anil Seth remercie la Dr. Mortimer and Theresa Sackler Foundation pour la possibilité de conduire des recherches à l'université du Sussex, via le Sackler Centre for Consciousness Science.



Hurtubise

Le Cerveau en 30 secondes

Copyright © 2014,
Éditions Hurtubise inc. pour l'édition
en langue française en Amérique du Nord

Titre original de cet ouvrage:
30-Second Brain

Direction de création:
Peter Bridgewater
Direction de publication:
Caroline Earle
Direction artistique:
Michael Whitehead
Édition:
Jason Hook
Design et maquette:
Ginny Zeal
Illustrations:
Ivan Hissey
Recherche iconographique:
Jamie Pumfrey
Rédaction des textes des biographies:
Viv Croot
Rédaction des textes des glossaires:
Anil Seth
Traduction de l'anglais et adaptation:
Antonia Lebovicci
Montage de la couverture:
Geneviève Dussault

Édition originale produite et réalisée par:
Ivy Press
210 High Street, Lewes
East Sussex BN7 2NS, R.-U.

Copyright © 2013, Ivy Press Limited
Copyright © 2014, Le Courrier du Livre
pour la traduction française

ISBN: 978-2-89723-303-7
ISBN (PDF): 978-2-89723-304-4
ISBN (ePub): 978-2-89723-305-1

Dépôt légal: 1er trimestre 2014
Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

Diffusion-distribution au Canada:
Distribution HMH
1815, avenue De Lorimier
Montréal (Québec) H2K 3W6
www.distributionhmh.com

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans quelque mémoire que ce soit ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autres, sans l'autorisation préalable écrite du propriétaire du copyright.

www.editionshurtubise.com

DANS LA MÊME COLLECTION:

Anatomie en 30 secondes (2013)
Gabrielle M. Finn

Architecture en 30 secondes (2013)
Edward Denison

Astronomie en 30 secondes (2013)
François Fressin

Éléments en 30 secondes (2013)
Eric Scerri

La Bible en 30 secondes (2013)
Russell Re Manning

Mathématiques en 30 secondes (2012)
Richard J. Brown

Mythologie en 30 secondes (2012)
Robert A. Segal

Philosophies en 30 secondes (2011)
Barry Loewer

Politique en 30 secondes (2011)
Steven L. Taylor

Psychologie en 30 secondes (2012)
Christian Jarret

Religions en 30 secondes (2012)
Russell Re Manning

Théories économiques en 30 secondes (2011)
Donald Marron

Théories en 30 secondes (2010)
Paul Parsons